



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXXVIII

Број: 9/2023

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“

Година: XXXVIII

Свеска: 9

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 Балоиш
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
Проф. др Иван Пинђер
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 девета 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 веб 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 13.04.2023. до 31.08.2023. год., а који се промовишу 21.09.2023. 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 9. објављени су радови из области:

- машинства,
- електротехнике и рачунарства,
- грађевинарства,
- саобраћаја и
- графичког инжењерства и дизајна.

У свесци са редним бројем 10. објављени су радови из области:

- архитектуре,
- инжењерског менаџмента,
- инжењерства заштите на раду и заштите животне средине,
- мехатронике,
- геодезије и геоматике,
- математике у техници,
- управљања ризиком од катастрофалних догађаја и пожара,
- инжењерства информационих система,
- биомедицинског инжењерства,
- анимације у инжењерству и
- чистих енергетских технологија.

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. Laslo Albert, SISTEMI ZA SKLADIŠTENJE RASHLADNE ENERGIJE I NJIHOVA PRIMENA	1077-1080
2. Ištvan Tot, OSNOVE PROCESA PROJEKTOVANJA MAŠINSKIH SISTEMA	1081-1084
3. Томислава Радановић, ПРОРАЧУН И ИЗБОР ОПРЕМЕ ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА ОПШТИНЕ МАЛИ ИЂОШ	1085-1088
4. Milenko Jovanov, ANALIZA KONKURENTNOSTI MALIH MODULARNIH NUKLEARNIH ELEKTRANA	1089-1092
5. Ана Брдар, БАЛИСТИЧКЕ ОСОБИНЕ ШЛЕМА ОД КОМПОЗИТНОГ МАТЕРИЈАЛА	1093-1096

Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo

1. Milica Ostojić, ANALIZA PERFORMANSI I DEMONSTRACIJA 4G I 5G C-V2X TEHNOLOGIJE UPO-TREBOM EKSPERIMENTALNE PLATFORME I PRIMENA U PAMETNIM VOZILIMA	1097-1100
2. Enisa Salihagić, MAŠINSKO UČENJE – DETEKCIJA I PREPOZNAVANJE LICA	1101-1104
3. Марија Ђурчић, ПРЕПОЗНАВАЊЕ ПИСАНИХ ЈАПАНСКИХ СЛОВА УПОТРЕБОМ НЕУРОНСКИХ МРЕЖА	1105-1108
4. Aleksandra Spasić, Luka Strezoski, VERIFIKACIJA PRORAČUNA ZA DETEKCIJU I IDENTIFIKACIJU LOŠIH TELEMETRISANIH MERENJA U PRENOSNO-PROIZVODNIM MREŽAMA	1109-1112
5. Dejan Milojica, SIMULACIJA TT SAOBRAĆAJA I ANALIZA PERFORMANSI ČVORA BAZIRANOG NA NAMJENSKOJ FPGA PLATFORMI U ETHERNET MREŽI	1113-1116
6. Ivana Božić, PRIMENA DATA WAREHOUSE SISTEMA U SEKTORU PRODAJE KOMPANIJE ZA UVOZ, PROIZVODNJU I DISTRIBUCIJU PREHRAMBENIH ARTIKALA	1117-1120

	STRANA
7. Predrag Vasiljević, ANALIZA UTICAJA PROMENE PROIZVODNJE DISTRIBUTIVNIH GENERATORA NA REŽIM RADA DISTRIBUTIVNE MREŽE	1121-1124
8. Владимир Јовановић, НАМЕНСКИ ЈЕЗИК И ОКРУЖЕЊЕ ЗА МОДЕЛОВАЊЕ И ГЕНЕРИСАЊЕ ОНЛАЈН КОЛЕКЦИЈЕ АКОРДА ЗА ГИТАРУ	1125-1128
9. Стеван Рашковић, СИСТЕМ ЗА АУКЦИЈЕ НЕЗАМЕНЉИВИХ ТОКЕНА	1129-1132
10. Jana Novaković, ПОРЕЂЕЊЕ KORISNIČKOG ISKUSTVA U RADU SA FACEBOOK, INSTAGRAM I LINKEDIN DRUŠTVENIM MREŽAMA	1133-1136
11. Mia Knežević, PREPOZNAVANJE TEKSTA POMOĆU KOGNITIVNIH SERVISA U AMAZON VEB SERVISIMA	1137-1140
12. Lazar Milić, DIZAJN, IZRADA I TESTIRANJE SENZORA SILE ZAGRIŽAJA, BAZIRANOG NA JESTIVOM HIDROGELU	1141-1144
13. Miloš Petrović, REGULACIJA NAPONA I ŠTETA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA	1145-1148
14. Милан Маринковић, Горан Савић, УПРАВЉАЊЕ ДОГАЂАЈИМА У СОФТВЕРСКИМ СИСТЕМИМА ЗАШОВАНИМ НА ТЕХНОЛОГИЈАМА РАЧУНАРСТВА У ОБЛАКУ	1149-1152
15. Andrej Hložan, Milan Segedinac, OBUČAVANJE DUBOKIH NEURONSKIH MREŽA VOĐENO PROSTOROM ZNANJA	1153-1156
16. Dorina Petrović, DETEKCIJA I SEGMENTACIJA ZUBA NA PANORAMSKIM RADIOGRAFSKIM SNIMCIMA KORIŠĆENJEM MAŠINSKOG UČENJA	1157-1160
17. Darko Lazarević, Luka Strezoski, RAZLIKA STRUJE KRATKOG SPOJA U ZAVISNOSTI OD REŽIMA RADA MIKROMREŽE	1161-1164
18. Nevena Alavanja, JEZIK ZA SPECIFIKACIJU KVIZOVA I UPITNIKA	1165-1168
19. Maja Đorđević, RAZVOJ IOS APLIKACIJE ZA PRAĆENJE ZDRAVSTVENOG STANJA KORISNIKA UZ UPOTREBU ČISTE ARHITEKTURE I MVVM DIZAJN PATERNA.....	1169-1172
20. David Stanojević, DISTRIBUIRANA PLATFORMA ZA FEDERATIVNO UČENJE ZASNOVANA NA RAZDELJENOM VIŠESLOJNOM BLOKČEJNU	1173-1176
21. Divna Ćosić, ODREĐIVANJE OPTIMALNE STRATEGIJE UPRAVLJANJA ZA PRIMENU VAKCINE U SPREČAVANJU PANDEMIJE, PRIMER COVID-19	1177-1180
22. Dušan Đuketić, Aleksandar Stanisavljević, Vladimir A. Katić, ZAŠTITNA OPREMA I NJENO MODELOVANJE U DISTRIBUTIVNOJ TEST MREŽI	1181-1184
23. Miljan Erić, PROJEKTOVANJE UPRAVLJAČKE ELEKTRONIKE ZA CNC MAŠINU	1185-1188
24. Mladen Jančić, Vladimir Popović, AUTOMATIZACIJA PROCESA MEHANIČKOG SPAJANJA METALNIH SEGMENTA	1189-1192
25. Lazar Vučković, Vladimir Rajs, UTICAJ TESTIRANJA NA KVALITET I ROBUSTOST SOFTVERA	1193-1195
26. Milana Srbinovski, ISPITIVANJE UTICAJA SREDINE NA RAD ELEKTRONSKIH UREĐAJA	1196-1199
27. Milica Vujović, AKVIZICIJA, OBRADA I MONITORING PODATAKA U REALNOM VREMENU UZ PRIMENU SOFTVERSKOG PAKETA PI SYSTEM	1200-1203

28. Jovana Kljajić, SEGMENTACIJA LEZIJA U MAMOGRAFSKIM SLIKAMA KORIŠĆENJEM SEGFORMER MREŽNE ARHITEKTURE	1204-1207
---	-----------

Radovi iz oblasti: Građevinarstvo

1. Marko Prodanović, Goran Jeftenić, HIDRAULIČKA ANALIZA ODVOĐENJA UPOTREBLJENIH VODA NASELJA KUKUJEVCI	1208-1211
2. Миљан Дејић, ПРОРАЧУН АБ КОНСТРУКЦИЈЕ ПРЕМА ЕН И ПРОЦЕНА СЕИЗМИЧКОГ ОДГОВОРА PUSHOVER АНАЛИЗОМ	1212-1215
3. Стефан Вељовић, УПОТРЕБА РАЧУНАРСКИХ СОФТВЕРА ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПУТЕВА – PRIMER SOFTVERSKOG PAKETA PLATEIA	1216-1219
4. Milovan Bjelica, HIDRAULIČKO DIMENZIONISANJE EVAKUACIONOG ORGANA NA BRANI TABEGART U ALŽIRU	1220-1223
5. Marko Brnjoš, TEHNOLOGIJA ZELENE GRADNJE KAO ATRAKTIVNE INVESTICIJE U GRAĐEVINARSTVU	1224-1227
6. Vanja Milanov, Matija Stipić, IDEJNO REŠENJE ZA IZGRADNJU KANALIZACIONE MREŽE U NASELJU VELIKA GREDU	1228-1231
7. Предраг Деспотовић, Драго Жарковић, ПРОРАЧУН И ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ СТАТИЧКИ НЕОДРЕЂЕНЕ ПРЕТХОДНО НАПРЕГНУТЕ КОНСТРУКЦИЈЕ МОСТА	1232-1235
8. Stefan Mitrović, PROCENA STANJA I ENERGETSKA SANACIJA VIŠEPORODIČNE STAMBENE ZGRADE U NOVOM SADU, U ULICI KALMANA LANGA	1236-1239
9. Sonja Miletić, PROCENA STANJA I ENERGETSKA SANACIJA KRILA D KOMPLEKSA ZGRADA ŽELEZNIČKE STANICE NOVI SAD	1240-1243
10. Borijana Petrović, PRIMENA BIM TEHNOLOGIJA U PROCESU PLANIRANJA I PROJEKTOVANJA OBJEKATA	1244-1247
11. Veljko Bratić, IDEJNO RJEŠENJE ODVOĐENJA ATMOSFERSKIH VODA U NASELJU GACKO U REPUBLICI SRPSKOJ	1248-1251

Radovi iz oblasti: Saobraćaj

1. Miloš Mladenović, Milica Miličić, UPRAVLJANJE LJUDSKIM RESURSIMA U TRANSPORTNIM PREDUZEĆIMA	1252-1255
2. Milica Surčinski, ANALIZA TRANSPORTNE MREŽE PRIMENOM PROGRAMSKIH ALATA	1256-1259
3. Milica Nikolić, ISTRAŽIVANJE POTREBA KORISNIKA ELEKTRONSKE TRGOVINE U REPUBLICI SRBIJI	1260-1263

Radovi iz oblasti: Grafičko inženjerstvo i dizajn

1. Jovana Petrović, Ivana Tomić, ILUSTROVANJE KARAKTERA RAZLIČITIH STILOVA U PROGRAMU ADOBE PHOTOSHOP	1264-1267
--	-----------

	STRANA
2. Ленке Хорват, Немања Кашиковић, Ива Јуретић, ИСПИТИВАЊЕ ПОНОВЉИВОСТИ ШТАМПЕ НА ГРАФИЧКОМ СИСТЕМУ XEROX VERSANT 280 PRESS.....	1268-1271
3. Марија Икић, Немања Кашиковић, Ива Јуретић, ПОРЕЂЕЊЕ КРАТКОРОЧНИХ ПОНОВЉИВОСТИ ШТАМПАРСКИХ СИСТЕМА HP LATEX 570, LIYU PLATINUM Q3 И HP LATEX 3200	1272-1275
4. Slavica Milikić, Ivana Jurič, UPOTREBA FOTO MANIPULACIJE RADI PRIKAZA I PRENOSA IZREKA I CITATA	1276-1279
5. Milica Obradović, Ivana Jurič, ANALIZA I POREĐENJE RAZLIČITIH TEHNIKA KOREKCIJE LICA NA FOTOGRAFIJAMA	1280-1283
6. Jelica Čupić, Vladimir Dimovski, Ivan Pinčjer, ISTRAŽIVANJE I ANALIZA PROSTORA ZA EDUKACIJU NA FAKULTETU TEHNIČKIH NAUKA U NOVOM SADU	1284-1287
7. Jelena Majdandžić, Ivan Pinčjer, ISPITIVANJE USPEŠNOSTI PRENOŠENJA PORUKE KOMPA NIJE KORIŠĆENJEM AUTOGRAFIKE NA OTVORENOM PROSTORU	1288-1291
8. Milica Dobrić, Stefan Đurđević, Gala Golubović, UPOTREBA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE PRILIKOM IZRADE DIZAJNA GRAFIČKOG INTERFEJSA	1292-1295

SISTEMI ZA SKLADIŠTENJE RASHLADNE ENERGIJE I NJIHOVA PRIMENA

SYSTEMS FOR THE STORAGE COOLING ENERGY AND THEIR APPLICATION

Laslo Albert, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Tema rada jeste korišćenje leda za skladištenje energije. Uskladišteni led se može koristiti za razne namene, od hlađenja komercijalnih objekata, preko naprednih sistema grejanja, pa sve do povećanja efikasnosti gasnih turbina. Pomoću skladištenja rashladne energije, moguće je napraviti velike uštede tokom čitavog životnog veka sistema.

Ključne reči: Skladištenje rashladne energije, Rashladni uređaji, Rezervoar za skladištenje, Strategije rada i kontrola.

Abstract – The theme of the work is the use of ice for energy storage. Stored ice can be used for various purposes from cooling commercial spaces up to increasing the efficiency of gas turbines. By storing cooling energy, it is possible to make significant savings during the system's lifetime.

Keywords: Refrigeration energy storage, Refrigeration devices, Storage tank, Work and control strategies.

1. UVOD

Skladištenje toplotne energije u današnje vreme dobija sve veću pažnju. Rezerve fosilnih goriva u svetu se veoma brzo troše i moramo da što više koristimo zelene izvore energije, odnosno, obnovljive izvore energije.

Najveća mana obnovljivih izvora energije jeste njihova intermitentnost na šta čovek ne može da utiče. I najčešće proizvodnja električne energije iz sunca i vetra nije u skladu s potrošnjom. Ne može se uključiti kad je potrebna i ne može se isključiti kada postoji višak u sistemu i zbog ovoga moramo da menjamo konvencionalne metode upravljanja električnim sistemima, da bismo što više iskoristili ove izvore energije.

Jedno alternativno rešenje za stabilizaciju jeste da kada postoji višak energije u sistemu taj višak električne energije pretvorimo pomoću odgovarajuće mašine u rashladnu energiju. Pomoću rashladne energije napravimo led i tako akumuliramo rashladnu energiju za kasnije potrebe.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Borivoj Stepanov

2. KORIŠĆENJE FAZNE TRANSFORMACIJE ZA SKLADIŠTENJE ENERGIJE

Kod skladištenja leda se koristi latentna toplota promene faze vode. Količina energije je 335kJ/kg, što približno odgovara energiji koja je potrebna za zagrevanje vode od 0°C do 80°C. Količina energije zavisi od konačnog procenta leda u vodenom rezervoaru i koliko iznosi površina za promenu temperature. Prosečan kapacitet je 0,02-0,03 m³/kWh. Tačka mržnjenja vode je na 0°C. Rashladni uređaji moraju koristiti rashladni fluid sa temperaturom od -9 do -3 °C kako bi skladište leda funkcionisalo normalno. Pošto je temperatura takvog sistema mnogo niža u odnosu na konvencionalne sisteme, moraju se koristiti uređaji koji trpe niske temperature. Fluid za prenos toplote može da bude direktno freon ili neka mešavina vode i glikola.

3. GLAVNE JEDINICE POSTROJENJA ZA SKLADIŠTENJE LEDA

1. Mašine koje transformišu električnu energiju u rashladnu energiju,
2. Skladište rashladne energije, odnosno, skladište leda,

3.1 Rashladni uređaji

Najčešće se koriste kompaktni rashladni uređaji za hlađenje ili ugrađena rashladna postrojenja. Rashladni uređaji koje koristimo za skladištenje leda su parne kompresione mašine. Temperatura izlaznog fluida iz uređaja je od -9 do -3°C. Efikasnost može da bude veća od COP 5, čak može da bude i preko COP 6 kada se uređaj ne koristi pri maksimalnom opterećenju. Što je skladište bliže popunjivosti to efikasnost malo pada. Skoro uvek postoji porast efikasnosti rashladnih uređaja sa snižavanjem temperature tokom noći.

3.2 Rezervoar za skladištenje

Rezervoar za skladištenje hladne toplotne energije mora da bude dovoljno čvrst da izdrži hidro statičku silu vode, mešavine leda i vode. On mora biti vodonepropusan i, takođe, mora biti otporan na koroziju. Rezervoari koji se nalaze na otvorenom moraju biti otporni na vremenske uslove, da bi sprečili vodu ili vodenu paru da prodru u spoljašnju izolaciju.

Za rezervoare izložene sunčevom zračenju, dobici toplote radijacijom mogu biti značajni. Tada se preporučuje pokrivanje reflektujućim materijalom kako bi se smanjila dobijena toplotna energija od sunca.

Ukopani rezervoari moraju da izdrže težinu zemljinog pokrivača kao i predviđeno dodatno opterećenje. Delimično ili potpuno ukopani rezervoari takođe treba da budu projektovani da izdrže opterećenja tla na zidove rezervoara kao i hidro-statički pritisak podzemnih voda koji može uticati na rezervoar ako se voda ukloni iz rezervoara. Toplotni dobici su 1- 5% po danu. Ovi dobici zavise od veličine i površine rezervoara i koeficijenta prolaza toplote kroz zidove rezervoara. Rezervoari za skladištenje su uglavnom napravljeni od čelika, betona, fibreglasa ili plastike. Bez obzira na materijal, rezervoar treba da bude projektovan i instaliran tako da nema curenja tečnosti iz njega.

4. SKLADIŠTENJE LEDA ZA HLADENJE

Za funkciju skladištenja leda možemo koristiti svaki rashladni sistem koji radi sa hladnom vodom. Korišćenje i jednog i drugog sistema je identično, jedina razlika je ako je sistem opremljen skladištenjem. Tada se potrošnja pogonske energije može pomeriti za neki drugi vremenski period. Zbog promena vremenskih uslova na taj način se može postići značajna ušteda i energije i novca.

Najveća potrošnja rashladne energije javlja se tokom dana kad je električna energija skupa, rashladne mašine tokom dane rade sa nižom efikasnošću. Idealno je kada se rashladna energija proizvodi noću, kada je električna energija jeftina i spoljašnja temperatura niža, a da istu koristimo tokom dana.

4.1 Princip rada skladišta leda

Rashladna mašina hladi glikol na temperaturu od -6 do -5 °C. Hladan glikol se pumpom dovodi do skladišta gde cirkuliše kroz cevnu zmiju koja se nalazi u rezervoaru koji je napunjen vodom (slika 1). Ledeni prsten se formira oko svakog namotaja.

Period formiranja leda dešava se kada je električna energija jeftina. Na pikovima kada je struja najskuplja rashladni uređaji se isključe. Tečnost koja je potrebna za hlađenje cirkuliše kroz namotaje i hladi, tako uskladištena rashladna energija može se transportovati na mesta gde je potrebna.

4.2 Topljenje leda

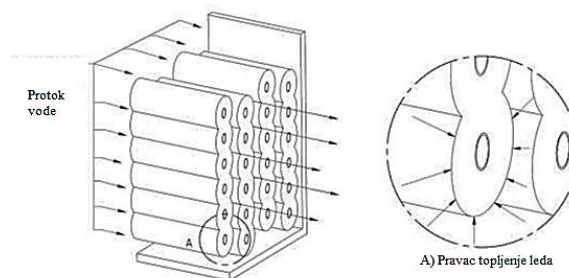
4.2.1 Spoljašnje topljenje

Led se skladišti na spoljašnjim površinama zavojnice za razmenu toplote potopljene u rezervoar za vodu bez pritiska (slika 1). Kod ovog rešenja totalna napunjenost znači da se u rezervoaru nalazi približno 65% leda i 35% vode.

Led se formira cilindrično oko namotaja. Povratna toplija voda protiče kroz rezervoar gde dodiruje zamrznute površine i otapa se led sa spoljašnje strane. Voda iz otopljenog leda cirkuliše u sistemu, obezbeđuje temperaturu pražnjenja od 1°C do 2°C.

Sloj leda debljine od 40 do 65 mm se formira na cevima, u zavisnosti od primene. Veća debljina zahteva niže temperature punjenja. Na mestima gde su poželjne više temperature punjenja i veća efikasnost koristi se tanji led. Ako se skladište prepuni, led se može zamrznuti između susednih cevi.

Ovakav sistem koristi dva različita radna fluida: glikol za formiranje leda i cirkulaciju kroz namotaje, i vodu odnosno otopljeni led koja cirkuliše kroz rashladni sistem.



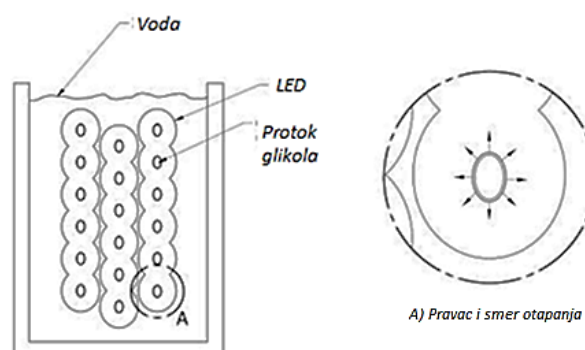
Slika 1. Spoljašnje topljenje

4.2.2 Sistemi sa unutrašnjim topljenjem

Sistemi koriste sekundarno rashladno sredstvo, obično etilen ili propilen glikol, kao fluid za punjenje i pražnjenje toplote, koji cirkuliše kroz cevi ili kalemove potopljene u rezervoare napunjene vodom. (slika 2) Da bi se napravio led, rashladni uređaj hladi rashladnu tečnost na -6°C do -3°C, a led se formira na spoljašnjoj strani cevi. Završetak punjenja je kada količina leda u rezervoaru stigne na određeni nivo 65-80% leda.

Rashladni namotaji nalaze se bliže jedni drugima u odnosu na sisteme sa spoljašnjim topljenjem, i dozvoljeno je da se formirani led oko namotaja dodiruje. Prilikom punjenja glikol cirkuliše kroz namotaje skladišta i rashladnog uređaja, a prilikom pražnjenja isti glikol se koristi za rashladni sistem, i povratni topliji glikol otapa led prema unutrašnjoj strani. Mogu da se obezbede stalne temperature pražnjenja od 2°C do 3°C, koje zavise od brzine pražnjenja i količine preostalog leda. Takav sistem se najčešće povezuje redno sa rashladnim uređajem[2].

Takav sistem je najbolje koristiti u slučaju delimičnog skladištenja, rashladni uređaj prethodno hladi topli povratni fluid iz zgrade pre ulaska u rezervoare za skladištenje. Ovaj raspored obezbeđuje efikasniji rad rashladnog uređaja zbog viših radnih temperatura



Slika 2. Spoljašnje topljenje

5. STRATEGIJE RADA I KONTROLA

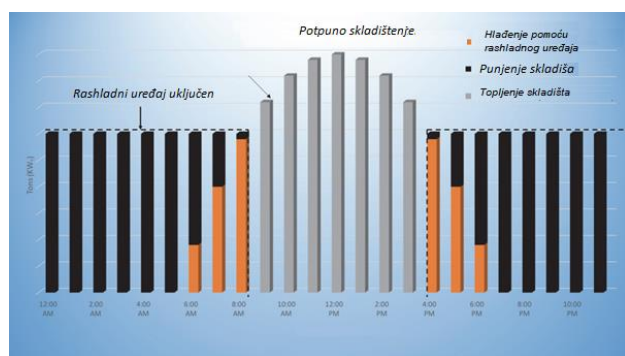
Ako želimo da napravimo dobar sistem za skladištenje neophodno je izabrati najbolju strategiju u zavisnosti od sistema. Prilikom konstruisanja sistema prvo se mora definisati koje vrste skladištenja ćemo koristiti. Vrste sistema su:

- Potpuno skladištenje
- Delimično skladištenje
- Osnovno opterećenje rashladnih uređaja
- Identifikovanje perioda promene potražnje
- Dnevni ciklusi punjenja
- Nedeljni ili drugi ciklusi punjenja
- Prioritet rashladnog uređaja
- Kontrola brzine punjenja
- Predviđanje opterećenja
- Prioritet obnovljivih izvora energije

5.1 Potpuno skladištenje

Strategija potpunog skladištenja prenosi celokupno opterećenje hlađenja na vrhuncu na periode van špica. (slika 3) Rashladna oprema ne radi tokom vršnih sati, a sva potrebna rashladna opterećenja dolaze iz skladišta.

Takav sistem zahteva relativno velike kapacitete za hlađenje i za skladištenje. Ovakvo rešenje se koristi na mestima gde su troškovi na vršnoj potražnji visoki ili gde je period vršnog opterećenja relativno kratak. Kontrola ovog tipa sistema je relativno jednostavna [1].

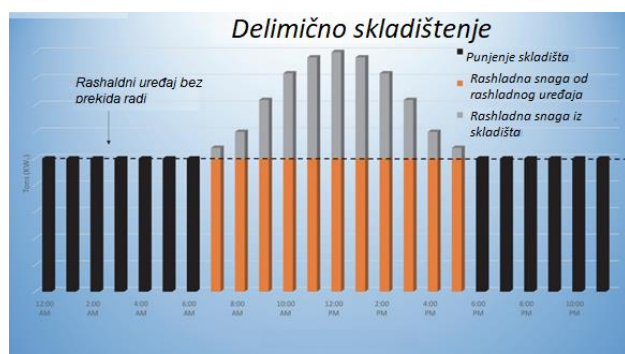


Slika 3. Potpuno skladištenje

5.2 Delimično skladištenje

U sistem delimičnog skladištenja na pikovima potrošnje jedan deo rashladne energije se izvlači iz skladišta, a drugi deo se dobije iz rashladne mašine. Operativne strategije delimičnog skladištenja mogu se dalje podeliti na rad sa nivelisanjem opterećenja i rad sa ograničenjem potražnje.

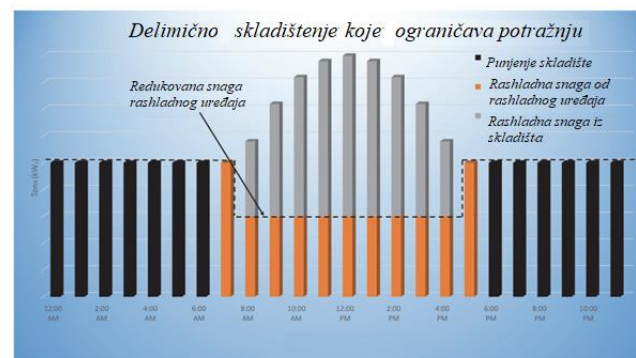
Sistem za nivelisanje opterećenja - radi sa rashladnom opremom koja radi sa konstantnim kapacitetom tokom projektovanog radnog ciklusa, obično 24 sata (slika 4).



Slika 4. Sistem delimičnog skladištenja sa nivelisanjem opterećenja

Kada je opterećenje hlađenja manje od izlazne snage iz rashladnog uređaja, onda se višak skladišti, a kada je opterećenje veće od kapaciteta rashladnog uređaja, onda se razlika ispušta iz skladišta. Kod ovog modela se minimizira potreban kapacitet hlađenja i kapacitet skladištenja. Operacija nivelisanja opterećenja je posebno atraktivna na mestima gde je vršno opterećenje hlađenja mnogo veće od prosečnog opterećenja [1].

Sistem delimičnog skladištenja koji ograničava potražnju: Rashladna oprema radi sa smanjenim kapacitetom ili po potrebi tokom vršnog perioda (slika 5). Ovaj sistem se nalazi u sredini između potpunog skladištenja i nivelisanja opterećenja. Uštede na potražnji, kao i troškovi opreme, veći su od sistema za nivelisanje opterećenja, a niži od onih sa sistemom sa pomeranjem opterećenja.



Slika 3. Sistem delimičnog skladištenja koji ograničava potražnju

6. SKLADIŠTENJE RASHLADNE ENERGIJE SPECIJALNE NAMENE

6.1. Hlađenje usisnog vazduha gasne turbine

Skladištenje rashladne energije može povećati kapacitet i efikasnost gasnih turbina prethlađenjem ulaznog vazduha. Gasne turbine koje koriste naftu ili prirodni gas obično generišu punu nominalnu snagu pri temperaturi ulaznog vazduha od 15°C. Pri višim temperaturama ulaznog vazduha smanjuje se gustina, a time i maseni protok vazduha, smanjujući snagu i efikasnost iskorišćenja goriva. Kapacitet i efikasnost se mogu povećati hlađenjem ulaznog vazduha vodom ili direktnim hlađenjem.

Optimalna temperatura ulaznog vazduha je obično u opsegu od 4,4°C do 10°C, u zavisnosti od modela turbine. U letnjim danima kad je temperatura 38°C, gasna turbina koja pokreće generator može da izgubi do 25% svoje nominalne proizvodnje. Ovo smanjenje izlazne snage generatora se dešava u najnepovoljnijem trenutku kada je najpotrebnija dodatna električna snaga iz turbina sa vršnim ciklusom. Ovaj izgubljeni kapacitet može se povratiti ako se ulazni vazduh veštački ohladi [2].

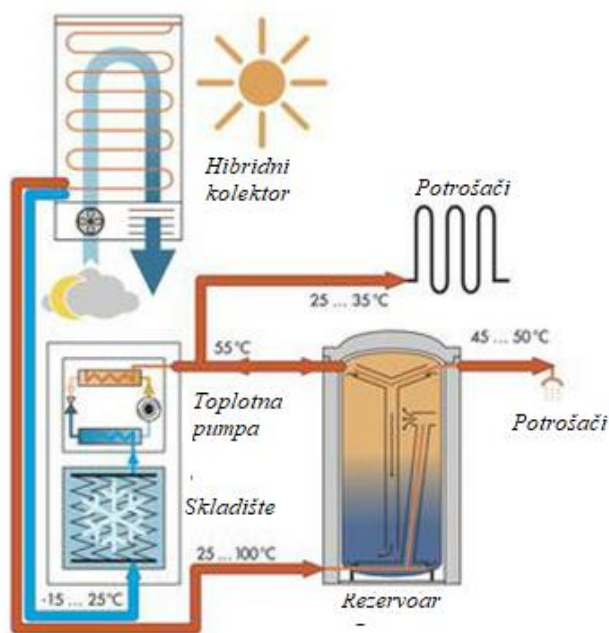
6.2. Skladištenje leda za grejanje

Ovo je jedno neobično i savremeno rešenje korišćenja leda za grejanje. U nekim slučajevima nemoguće je koristiti ni jedno konvencionalno rešenje za grejanje. Problemi se najčešće javljaju kada se ne sme narušiti izgled zgrada sa dimnjakom, kada ne postoji distributivni sistem prirodnog gasa, zbog nekog razloga, toplotne sonde se ne mogu izgraditi, ili se ne sme koristiti bučan

sistem (toplotna pumpa vazduh-voda ili vazduh-vazduh). U tim slučajevima je idealno rešenje toplotna pumpa sa skladištenjem leda zajedno sa hibridnim solarnim kolektorima (slika 6) [4].

Sistem se sastoji od velikog betonskog rezervoara koji se kopa na dvorištu. Toplotna izolacija je nepotrebna, jer ako se stavlja izolacija, gube se dobici toplotne energije od zemlje. Osnovni princip takvog sistema jeste kada se neka materija iz čvrstog stanja pretvori u tečno oslobađa se velika količina energije.

Na rezervoaru se nalaze dva posebna kruga za razmenu toplote. Jedan krug dolazi od solarnog panel-kolektora koji u istom vremenu proizvodi struju i toplotnu energiju. Toplotna energija je u ovom slučaju otpadna energija, i koristi se za topljenje leda u rezervoaru, odnosno za skladištenje toplotne energije. Drugi krug je povezan sa toplotnom pumpom koja snabdeva potrošače toplotom.



Slika 4. Šematski prikaz hibridni sistem

7. ZAKLJUČAK

U današnje vreme čovečanstvo koristi sve više energije. Trenutno razvijamo znanja i tehnologije kako bi se što više mogli koristiti obnovljivi izvori energije, a sa druge strane moramo da što racionalnije koristimo fosilna goriva. Gradovi rastu konstantno i veoma velika količina energije troši se za klimatizaciju. Za bolje korišćenje resursa jedno dobro rešenje jeste skladištenje energije.

Najčistija i najjeftinija energija koja se može skladištiti dolazi od vetra i Sunca, ali te energije nisu uvek dostupne, i nisu ravnomerne. Da bi se uskladištile energije Sunca i vetra moraju se pretvarati u neki drugi oblik, npr. u električnu energiju, toplotnu energiju, potencijalnu energiju. Električna energija se može skladištiti jedino u akumulatorima, ali to je veoma skupo, a proizvodnja akumulatora je jako prljava tehnologija.

Toplotna energija se može jednostavnije čuvati. Najveći kapacitet skladišta može se postići ako se javlja fazna transformacija nekog materijala. Voda je jako dobar materijal za skladištenje jer se fazna transformacije javlja na povoljnim temperaturama i pritiscima. Fazna transformacija tečne vode na čvrsto, odnosno na led, javlja se ispod 0°C na atmosferskom pritisku i može se uskladištiti 335 kJ/kg energije.

8. LITERATURA

- [1] Jason Glazer, PE, BEMP, ASHRAE Design Guide for Cool Thermal Storage 2019. Atlanta
- [2] THERMAL ICE STORAGE: Application & Design Guide, EVAPCO
- [3] Ibrahim Dincer and Marc A. Rosen, THERMAL ENERGY STORAGE SYSTEMS AND APPLICATIONS, SECOND EDITION, 2022
- [4] <https://www.energie-experten.org/heizung/solar-thermie/solarkollektoren/hybridkollektoren>, dostupno 09.11.2022

Kratka biografija:



Laslo Albert rođen je u Senti 1995. god. Osnovne studije završio 2020, na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Energetika i procesna tehnika tehnika

kontakt: 3x3ms1@gmail.com

OSNOVE PROCESA PROJEKTOVANJA MAŠINSKIH SISTEMA**BASICS OF MACHINE SYSTEMS DESIGN PROCESSES***Ištvan Tot, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – Tema ovog rada su osnove procesa projektovanja mašina, konstrukcija i mašinskih sistema. Date su potrebne definicije i opšta podela projektovanja sa uticajem razvoja proizvoda kroz faze projektovanja na sam kvalitet i cenu finalnog proizvoda. Opisane su faze projektovanja kroz primere koji bi se mogli primeniti u praksi. Objašnjene su metode traženja rešenja, kao i metode za izbor i vrednovanje najpogodnijeg rešenja. Opisane su operacije u fazama konstruisanja i konstrukcione razrade.

Ključne reči: Teorija projektovanja, faze projektovanja, metode traženja i vrednovanja rešenja

Abstract – The topic of this document is the basics of the designing process of machines, structures and machine systems. The necessary definitions and a general division of design are given with the impact of product development through the design stages on the quality and price of the final product. Design phases are described through examples that could be applied in practice. Methods of searching for solutions are explained, as well as methods for selecting and evaluating the most suitable solution. Operations in the phases of construction and structural elaboration are described.

Keywords: Design theory, design phases, methods of searching and evaluating solutions

1. UVOD

Proces projektovanja je niz događaja i skup smernica koje pomažu u definisanju jasne početne tačke koja vodi projektante od vizuelizacije proizvoda u svojoj mašti do realizacije u stvarnom životu, na sistematski način. To zahteva i naučno i umetničko razmišljanje. Dok se prvo može naučiti kroz sistematski proces, iskustvo i tehniku rešavanja problema, drugo se stiče praksom i potpunom posvećenošću problemu.

2. TEORIJA PROJEKTOVANJA

Reč projektovanje se odnosi na proces generisanja i uspostavljanja rešenja za neki inženjerski problem. Uključuje korišćenje fizičkih nauka, matematike, inženjerske teorije i kreativnosti [5].

Pod pojmom „konstrukcija” u kontekstu inženjerskog projektovanja podrazumeva se definicija rasporeda elemenata i podsklopova mašine ili uređaja na osnovu projekta [5].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Radomir Đokić, red. prof.

Proces projektovanja treba da se vodi tako, da se u najkraćem mogućem roku razviju kvalitetni i u ceni konkurentni proizvodi. Kvalitet proizvoda se utvrđuje u toku faze projektovanja [2]. Ako postoje nedostaci u konstrukciji predmeta, on ne bi postigao komercijalni uspeh, bez obzira na to koliko je dobra proizvodnja ili marketing.

Projektovanje ima veliki uticaj na ukupne troškove proizvodnje. Sam proces projektovanja uključuje samo mali deo troškova (manje od 5%), što ne uključuje troškove proizvodnog rada i materijala. Bez obzira što konstruisanje utiče sa 70 do 80 % od ukupnih troškova proizvodnje, sve ostalo može uticati samo sa oko 25 % [2]. Može se zaključiti da odluke donete u procesu projektovanja koštaju veoma malo u odnosu na ukupnu cenu proizvoda, ali imaju veliki uticaj na cenu proizvoda.

2.1. Izazovi projektovanja

Mnoge poteškoće u inženjerskom projektovanju pripisuju se loše strukturiranim ili otvorenim problemima [3]. Problemi su loše struktuirani kada se rešenje ne može rutinski primeniti na njih pomoću matematičkih formula ili algoritama. Otvorenost se odnosi na mnoštvo rešenja koja se mogu primeniti na problem.

Od projektanta se zahteva da nauči da samostalno razmišlja, da kombinuje rešenja i donosi zaključke na osnovu već posedovanog znanja [1]. Kreativnost je jedan od najvažnijih aspekata inženjerskog projektovanja, jer bez njega ne bi bilo moguće pronaći rešenja i razvoj proizvoda bi bio nemoguć.

Kako je cilj inženjerskog projektovanja kreiranje detaljne dokumentacije koja omogućava proizvodnju ciljnog proizvoda, komunikacija je od centralnog značaja tokom celog procesa. Projektanti moraju biti svesni delova koje je teško napraviti ili ograničenja proizvodnih procesa [3]. Kako bi se izbeglo slučajno proizvodno neiskustvo inženjera, konstrukcioni tim često uključuje mašince ili druge stručnjake.

2.2. Vrste inženjerskog projektovanja

Pošto svako ima mišljenje o tome kako proizvod treba da se razvije, što je rezultiralo različitim procesima projektovanja koji su korišćeni, mnogi od njih nisu međusobno kompatibilni. Sistematski proces projektovanja je uveden kako bi pomoglo projektantima da postignu svoje ciljeve bez ometanja kreativnosti.

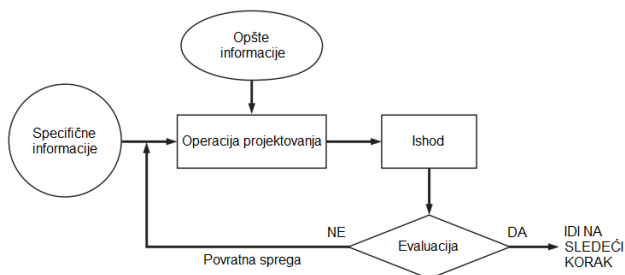
Inženjersko projektovanje se može koristiti iz mnogo različitih razloga i može imati različite oblike. Na osnovu različitih stepena težine, mogu se razlikovati četiri tipa projektovanja: pionirski, adaptivni, varijantni i tipski [2].

Pošto je proces razvoja podeljen na operacije koje sprovode različiti timovi, na osnovu tipa toka posla projektovanje može biti *sekvencijalno* i *simultano* [6].

3. PROCES PROJEKTOVANJA

Projektovanje proizvoda je inovativan proces koji se često ponavlja. Odluke se ponekad moraju donositi sa premalo informacija, povremeno sa pravom količinom smernica, ili sa viškom delimično kontradiktornih podataka [1]. U zavisnosti od tipa projektovanja koji se sprovodi, veći deo procesa može biti rutinski, gde su svi mogući tipovi rešenja poznati i često propisani standardima.

Projektovanje nije linearan proces, inženjeri često moraju da se vraćaju od faze projektovanja na prethodne, pošto se otkriva više informacija i menjaju se aspekti na osnovu kojih je koncept kreiran (slika 1).



Slika 1. Šematski prikaz opšte faze projektovanja [2]

Sveobuhvatnija podela procesa projektovanja razlikuje četiri faze projektovanja: *faza predprojekta*, *konceptijsko projektovanje*, *faza konstruisanja* i *faza konstrukcione razrade* [2].

4. FAZA PREDPROJEKTA

Da bi započeo projektovanje proizvoda, inženjer mora prvo da definiše koje su potrebe koje proizvod mora da zadovolji [1]. Ključ je u pronalaženju najboljeg načina za njihovo definisanje i uspostavljanje kriterijuma na osnovu kojih je moguće ne samo kreiranje koncepta, već sortiranje i najprikladniji izbor.

Jedan od najvažnijih aspekata koji određuje uspeh proizvoda je da li on ispunjava očekivanja kupaca [2]. Dobijanje takvih informacija vrši se analizom tržišta. Međutim, ovo nije uvek odlučujuća karakteristika procesa inženjerskog projektovanja. Samo sprovođenje analize tržišta obično nije dovoljno za generisanje koncepata. Za konačni skup specifikacija konstrukcija proizvoda tri inženjerske karakteristike poslužiti kao okvir: projektni parametri, projektne promenljive i ograničenja.

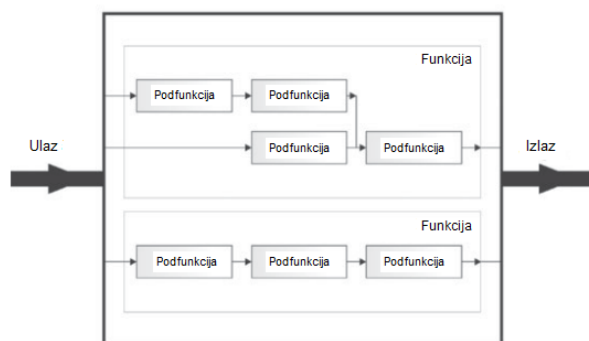
5. KONCEPCIJSKO PROJEKTOVANJE

Kako razvojni proces ulazi u konceptualnu fazu, projektanti počinju da traže rešenja i koncepte kako bi ispunili zahteve utvrđene u prethodnoj fazi. Da bi se to postiglo, uslovi pod kojima proizvod mora da radi dele se na elementarne funkcije. Nakon definisanja funkcija, utvrđuje se njihova struktura, pridavanje specifičnih ciljeva svakoj funkciji i posmatranje interakcija između njih. Na osnovu dobijenih informacija počinje potraga za

rešenjima na način koji podstiče kreativno razmišljanje. Cilj je da se generiše široka lepeza koncepata i da se problemima pristupi sa što više gledišta. Predložena rešenja se onda moraju sortirati na osnovu različitih kriterijuma, eliminišući i neadekvatne koncepte.

5.1. Definicija funkcije

Funkcije proizvoda se mogu definisati kao odnos između ulaza i izlaza sistema, ili kao aktivnost koju uređaj treba da obavlja [7]. Dok zahtevi opisuju šta proizvod treba da radi, funkcije su inženjerske radnje koje su neutralne za rešenje koje će proizvod izvršiti. Većina funkcija može se lako opisati kombinacijom akcionog glagola i imenice [1], na primer „smanji brzinu“. Postoji nekoliko metoda da se izvrši funkcionalna analiza, da se definišu funkcije koje proizvod mora da obavlja, na primer metode crne/staklene kutije (slika 2) i stablo funkcija-način [3].



Slika 2. Model staklene kutije [1]

5.2. Definicija funkcionalne strukture

Primarna svrha funkcionalnih struktura je da olakšaju otkrivanje rešenja. Ovo je korisno kada se kreira nova konstrukcija, gde ni pojedinačne podfunkcije ni njihovi odnosi nisu jasno poznati. Korišćenje funkcionalnih struktura omogućava inženjerima da ispitaju svaku od komponenti sistema pojedinačno i da ih modifikuju ako je potrebno [1].

Tokom ovog koraka, navodima u opisima proizvoda daju se dodatna pojašnjenja [2]. Funkcija električnog čajnika može se definisati kao „da prokuva vodu“. Da biste naveli ovu izjavu, njoj se mogu dodeliti vrednosti, na primer: „prokuvati 1 litar vode za manje od jednog minuta“.

Pored toga, ako sistem ili uređaj moraju da rade sa drugim sistemima ili uređajima, onda moramo navesti kako ti sistemi međusobno deluju. Ove posebne zahteve nazivamo specifikacijama performansi interfejsa [3]. Postoje različite metode za generisanje inženjerskih specifikacija. Dva značajna metoda su performanse-specifikacija [3] i metoda kvalitet-funkcija-raspoređivanje [8].

5.3. Formiranje rešenja

Nakon što su i funkcije i karakteristike proizvoda pravilno specificirane, počinje proces generisanja koncepta. Svaki od pronađenih problema ima više mogućih rešenja. Zadatak inženjera je da planiraju što više rešenja. Ovi koncepti takođe moraju zadovoljiti definisane specifikacije. Ovaj proces zahteva kreativno razmišljanje, korišćenje različitih izvora informacija i metoda planiranja kao što su morfološka metoda [1], brainstorming [2] i TRIZ [4].

5.4. Vrednovanje rešenja

Nakon generisanja koncepta, projektantski tim ima niz predloženih koncepata koji mogu da zadovolje zahteve proizvoda. Međutim, pošto ova rešenja nisu potpuna, postoje ograničeni podaci na osnovu kojih bi se mogao izabrati konačan koncept [2]. Da bi se ova prepreka prevazišla, koriste se različite metode za njihovo upoređivanje i procenu. Do kraja procesa evaluacije, proizvod koji ima najveći potencijal da postane kvalitetan proizvod biće identifikovan kroz mnoge koncepte koji su generisani. Za vrednovanje se koristi metode stablo odlučivanja [2], Pughova tabela [1], tabela odlučivanja [3], itd.

6. FAZA KONSTRUISANJA

Tokom faze konstruisanja, konceptni okvir koji je generisan dobija realističnije i detaljnije karakteristike [2]. Obrađuju se važna pitanja, kao što su postavljanje dimenzija delova, čineći ih estetski prijatnijim, poboljšavajući praktičnost konstrukcija ili povećavajući njihovu ekološku prihvatljivost.

6.1. Arhitektura proizvoda

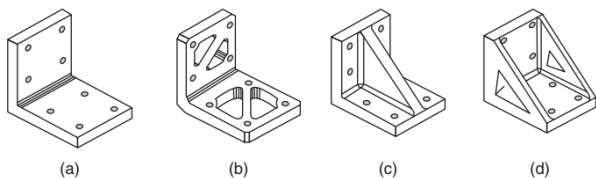
Arhitektura proizvoda uključuje raspoređivanje i grupisanje odabranih fizičkog elemenata, a data je odnosima između komponenti u proizvodu i funkcijama koje proizvod obavlja [2]. Arhitektura proizvoda može biti integralna ili modularna. Fizički gradivni blokovi i podsistemi u koje je proizvod organizovan se obično nazivaju moduli. Modularnost omogućava prilagođavanje proizvoda i varijacije konstrukcija po pristupačnoj ceni. Sistemi ovih tipa su češći, obično su mešavina standardnih modula i prilagođenih komponenti.

Najkritičniji zadatak u određivanju arhitekture proizvoda je tačno modeliranje interakcija između modula i postavljanje karakteristika performansi za module [2].

6.2. Projektovanje konfiguracije

Prilikom projektovanja konfiguracije nestandardnog dela, utvrđuju se oblik i opšte dimenzije komponenti. Ovo uključuje razne geometrijske karakteristike, njihovu lokaciju i raspored na komponenti [2]. Konfiguracije se zasnivaju na arhitekturi proizvoda i stoga na funkciji iz koje se oblikuje najbolji oblik za svaku komponentu.

Razvijena forma u velikoj meri zavisi od raspoloživih materijala i metoda proizvodnje, pored prostornih ograničenja koja definišu obim u kome proizvod funkcioniše, specifikacije konstrukcija, ograničenja čoveka koji radi sa proizvodom, interfejse ili veze između komponenti (slika 3).



Slika 3. Moguće konfiguracije jedne komponente [2]

Postoje određeni kriterijumi koje konačna konfiguracija treba da ispuni. Jedna od njih je jasnoća konstrukcije koja ukazuje da je odnos između različitih funkcija i odgovarajućih ulaza i izlaza energije, materijala i protoka signala nedvosmislen.

6.3. Projektovanje parametara

Tokom faze konstruisanja, atributi koji su identifikovani u konstrukciji konfiguracije, koriste se kao promenljive za projektovanje parametara. Vrednost ovih promenljivih je pod kontrolom projektanta. Obično mogu biti dimenzija ili tolerancija, ali takođe mogu biti materijal, termička obrada ili završna obrada površine. Cilj parametarskog projektovanja je postavljanje vrednosti za promenljive koje će proizvesti najbolju moguću konstrukciju, s obzirom na performanse i cenu [2].

Da bi odredili tačne vrednosti promenljivih, inženjeri sprovode razne analize koristeći unapred određene formule [2]. Alternativno se mogu koristiti dobri detaljni matematički modeli, uključujući analizu konačnih elemenata na kritičnim komponentama. Učinak svake od alternativa se predviđa korišćenjem analitičkih ili eksperimentalnih metoda. Nakon završetka analize, izvodljivi projekti se procenjuju kako bi se izabrao „najidealniji“, slično kao što je procenjivan koncept u fazi idejnog rešenja.

6.4. Sklopni crteži

U ovoj fazi, nakon što su poznate i struktura i tačne dimenzije projektovanog predmeta, kreiraju se montažni crteži koji daju prvi tačan prikaz proizvoda. Sklopni crteži su napravljeni da pokažu kako su pojedine komponente sklopljenog proizvoda povezane, a sadrže i dodatne informacije o njihovoj montaži [5].

Crtež i njegovi elementi su u velikoj meri standardizovani, takođe osiguravaju da se tumači kako je predviđeno. U Srbiji koristimo standarde SRPS EN ISO [5] koji određuju tipove crteža, simbole za označavanje pojedinih stavki, linije, slova, specifikacije materijala, dimenzije, jedinice itd.

6.4. Izrada prototipa

Prototipovi su prvi fizički prikazi proizvoda koji se koristi za testiranje ili validaciju konstrukcionih odluka koje su izmišljene do tog koraka u procesu konstruisanja [1]. Izrada prototipa je eksperimentalna metoda za proveru izvodljivosti koncepta, koja zahteva transformaciju crteža i planova da bi se sprovedli u stvarnost [3].

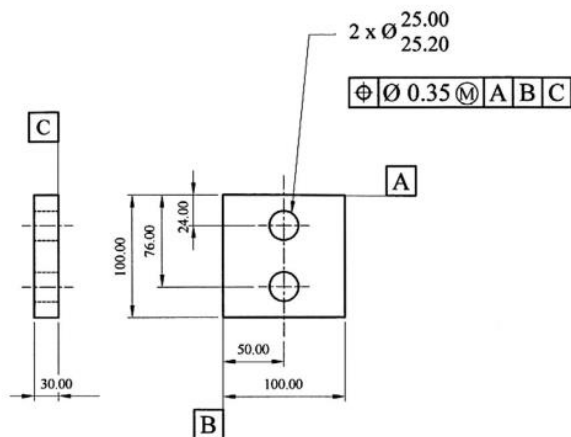
Testovi prototipa se koriste za verifikaciju odluka, koje se usput donose. Neke vrste projektovanih proizvoda zahtevaju da prođu određeni skup propisanih testova koji ispituju bezbednu upotrebu predmeta [2]. Postoji mnogo vrsta testova koji mogu biti potrebni u projektu, uključujući testiranje svih mehaničkih i električnih mogućnosti kvara, specijalizovani testovi za zaptivke, termičke udare, vibracije, ubrzanje ili otpornost na vlagu, itd.

7. FAZA KONSTRUKCIONE RAZRADE

Osnovni cilj konstrukcione razrade je kompletiranje, organizacija i korekcija tehničke dokumentacije, kako bi se odlučilo da li je projekat spreman za proizvodnju. Stručnjaci pregledaju konstrukciju za pouzdanost i sigurnost, sigurnost kvaliteta, terenska servisna inženjerstva i kupovinu. Završna dokumentacija uključuje sve informacije potrebne za izvođenje procesa proizvodnje [5]: opis proizvoda, tabele, dijagrami, šeme, uputstva za montažu, rad, održavanje i mere zaštite, montažni crteži, radionički crteži svakog elementa, procena troškova, itd.

7.1. Radionički crteži

Radionički crteži prikazuju pojedinačne komponente uređaja [5]. Ovi crteži sadrže sve potrebne informacije za deo koji se proizvodi, kako bi se detalji konstrukcija preneli proizvođaču ili radniku za mašinom. Važni detalji koji su neophodni za proizvodnju komponente uključuju: dimenzije, tolerancije, specifikaciju materijala, detalje proizvodnje, kao što je obrada površine. Slično sklopnim crtežima, radionički crteži koriste ortogonalne i aksonometrijske projekcije, poglede preseka i takođe su napravljeni na osnovu ISO standarda.



Slika 4. Primer tolerancije položaja otvora [4]

Dimenzije navedene na crtežu neće biti identične dimenzijama finalnog proizvoda, već će sadržati određeni stepen greške [1]. Crteži pokazuju tolerancije mera dužine, kada definišu dozvoljene opsege varijacije u kritičnim ili osetljivim dimenzijama, kao i tolerancije oblika ili pozicija (slika 4). Vrednosti odabrane za tolerancije često zavise od funkcije dela i načina na koji će se on proizvesti.

7.2. Procena troškova

Računovodstvo troškova je praksa predviđanja troškova završetka projekta sa definisanim obimom. Takođe uključuje planiranje, praćenje i kontrolu novčanih troškova projekta kroz različite tokove delovanja i pruža detaljne informacije o troškovima koje pomažu u finansiranju ne samo trenutnih već i budućih operacija [1]. Približni ukupni trošak projekta, koji se naziva procena troškova, je zbir svih troškova uključenih u uspešno okončanje projekta od početka do završetka, prikazuje pretpostavke na kojima se zasniva svaki trošak i koristi se za odobravanje budžeta projekta i upravljanje njegovim troškovima. Tačna procena troškova je kritična za odlučivanje da li da preuzmete projekat, za određivanje njegovog konačnog obima i za osiguranje da on ostane finansijski izvodljiv [3]. Prekoračenje troškova može se izbeći uz verodostojnu, pouzdanu i tačnu procenu troškova.

8. ZAKLJUČAK

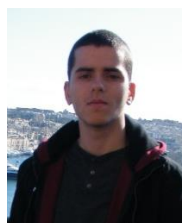
Projektovanje se bavi generisanjem rešenja za inženjerski problem. Njegov cilj jeste kreiranje dokumentacije na osnovu koje se može proizvesti predviđeni uređaj. Projektovanje ima veliki uticaj na kvalitet, vreme ciklusa i cenu proizvoda.

Proces projektovanja strukturiran je oko sistematskih procedura. Rešavanje problema je inovativna aktivnost koja zahteva iskustvo i posvećenost da bi se efikasno obavila. Sam proces nije linearan, predložene ideje se često preispituju i menjaju kako se otkrivaju nove informacije. Sa praktičnijeg stanovišta, proces je podeljen u četiri faze: faza predprojekta, konceptijskog projektovanja, faza konstruisanja i faza razrade.

9. LITERATURA

- [1] Haik, Y. Shahni, T.: "Engineering Design Process, 2nd Edition", Cengage Learning, 2011, ISBN: 978-0495668145;
- [2] Dieter, G.E., Schmidt, L.C.: "Engineering Design, Fifth Edition", McGraw-Hill, 2012, ISBN: 978-0-07-339814-3;
- [3] Dym, C.L., Little, P., Orwin, E.J.: "Engineering Design: A Project-Based Introduction", Wiley, 2013, ISBN: 9781118807057;
- [4] Richards, K.L.: "The Engineering Design Primer", CRC Press, 2020, ISBN: 978-0367210137;
- [5] Milojević, Z., Rackov, M.: "Inženjerske Grafičke Komunikacije", FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2017, ISBN: 978-86-7892-887-1;
- [6] Putnik, G.D., Putnik, Z.: "Defining Sequential Engineering (SeqE), Simultaneous Engineering (SE), Concurrent Engineering (CE) and Collaborative Engineering (ColE): On similarities and differences", Procedia CIRP 84 (2019) 68-75, ISSN: 2212-8271;
- [7] Grote, K.H., Hefazi, H.: "Springer Handbook of Mechanical Engineering 2nd Edition", Springer, 2021, ISBN: 978-3030470340;
- [8] Childs, P.R.N.: "Mechanical Design Engineering Handbook", Butterworth-Heinemann, 2013, ISBN: 978-0080977591;

Kratka biografija:



Ištvan Tot rođen je u Senti 1999. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo – Mehanizacija i konstrukciono mašinstvo odbranio je 2023.god.

kontakt: tyutyu.ada@gmail.com

PRORAČUN I IZBOR OPREME POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA OPŠTINE MALI IĐOŠ**CALCULATION AND SELECTION OF EQUIPMENT FOR WASTEWATER TREATMENT PLANTS IN MUNICIPALITY OF MALI IĐOŠ**Томислава Радановић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – МАШИНСТВО**

Кратак садржај – Предмет рада јесте прорачун и избор опреме постројења за пречишћавање отпадних вода у општини Мали Иђош, чији капацитет је планском документацијом дефинисан на 20.000 ЕС (еквивалент становника). Пречишћавање отпадних вода заснива се на комбинацији механичког и биолошког поступка прераде воде, што захтева одабир одговарајуће опреме за све операције пречишћавања отпадних вода.

Кључне речи: Отпадне воде, пречишћавање, пумпе, дуваљке, хидраулички прорачун.

Abstract – The subject of the paper is calculation and selection of equipment for the wastewater treatment plant in the municipality of Mali Iđoš, which capacity is defined by the planning documentation at 20,000 equivalent population. Wastewater treatment is based on a combination of mechanical and biological water treatment technologies, which requires selection of appropriate equipment for all wastewater treatment operations.

Keywords: Wastewater, treatment, pumps, blowers hydraulic calculation.

1. УВОД

Отпадне воде су природне воде које су разним начинима употребе промениле своје физичке, хемијске и биолошке карактеристике и постале штетне по животну средину.

Пречишћавање отпадних вода је поступак који се користи за уклањање загађујућих материја из атмосферских вода, канализације или индустријских вода и њихово претварање у отпадне воде које се могу вратити у природни циклус воде са задовољавајућим квалитетом и утицајем на животну средину.

Загађујуће материје у отпадним водама се уклањају, мењају или разграђују током процеса пречишћавања комбинацијом механичких и биолошких поступка прераде воде, што захтева одабир одговарајуће опреме за сваки део процеса.

У раду је приказан поступак пречишћавања отпадних вода као и хидраулички прорачун и одабир одговарајуће опреме постројења за пречишћавање отпадних вода (ППОВ) у општини Мали Иђош.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Слободан Ташин.

2. КОНЦЕПЦИЈА РЕШЕЊА ППОВ-А

Отпадне воде насеља Мали Иђош прикупљају се и одводе сепаратним системом канализације. Просторним планом општине предвиђено је да се у јавну канализациону мрежу могу упуштати искључиво претходно третиране индустријске отпадне воде. Квалитет упуштених индустријских отпадних вода мора одговарати квалитету отпадних вода из домаћинства па је комплетна индустрија општине у обавези да изврши примарно пречишћавање отпадних вода до нивоа квалитета који је дефинисан општинском одлуком о одвођењу и канализацији отпадних вода.

Отпадна вода у систему канализације се од краја главног колектора канализације доводи гравитационо до постројења за пречишћавање отпадних вода (ППОВ), односно до првог објекта постројења (груба решетка), а потом до црпне станице.

Сам процес пречишћавање отпадних вода предвиђа примену механичко – биолошког поступка, уз дехидрацију муља.

Механичко пречишћавање обухвата филтрацију кроз грубу и фину механичку решетку, одвајање песка путем гравитационог таложења уз истовремену редукцију садржаја масноћа.

Биолошко пречишћавање отпадне воде врши се у дис-континуалним шаржним реакторима (енг. Sequencing Batch Reactor - SBR) са активним муљем у којима се истовремено одвијају процеси биолошке оксидације, таложења, нитрификације, денитрификације, дефосфоризације и стабилизације муља.

У биолошком пречишћавању отпадне воде користе се многобројни микроорганизми а пре свега бактерије. Микроорганизми претварају биоразградиве материје из отпадне воде у просте продукте као што су угљен диоксид и биомаса. Обзиром да се муљ стабилизује истовремено уклањањем загађујућих материја, обрада муља се односи само на смањење његове запремине. За ту намену, предвиђа се гравитационо згушњавање и машинска дехидратација муља [4].

3. ХИДРАУЛИЧКИ ПРОРАЧУНИ**3.1. Црпна станица**

Дотекла отпадна вода мора се препумпати на вишу когу ради даље обраде (предтретманска станица и биолошки реактори). Имајући у виду неравномерност дотока отпадних вода у току дана, у главној црпној

станции су усвојене 2+1 пумпе, од којих свака има капацитет једнак половини максималног дотока на постројење.

За хидраулички прорачун пумпи биће разматран случај када је ниво воде у црпном базену најжижи $h_g = 17,06$ m, при минималном дотоку воде. Сагледани су губици од усисног дела пумпи у црпилишту до спајања потисног цевовода са станицом за механички предтретман, где се даље односи отпадна вода на третирање. Применом енергијске једначине (1) добија се потребан напор пумпних агрегата.

$$H = h_g + \left(\lambda \cdot \frac{L}{d_1} + \sum \xi_1 \right) \cdot \frac{v_1^2}{2g} + \dots + \left(\lambda \cdot \frac{L_n}{d_n} + \sum \xi_n \right) \cdot \frac{v_n^2}{2g} \quad (1)$$

Табела 1. Прорачун локалних и линијских губитака

		L (m)	DN (mm)	λ	Q (L/s)	v (m/s)	$v^2/(2g)$ (m)	Δh_{lin} (m)	ζ	Δh_{lok} (m)
1	колено 90°	-	150	-	60	3,40	0,59	-	0,25	0,147
2	права цев	1,0	150	0,022	60	3,40	0,59	0,086	-	-
3	дифузор DN150/250	-	150	-	60	3,40	0,59	-	0,35	0,206
5	права цев	4,5	250	0,022	60	1,22	0,08	0,030	-	-
	лептираста неповратна клапна	-	250	-	60	1,22	0,08	-	1,8	0,137
6	колено 90°	-	250	-	60	1,22	0,08	-	0,25	0,019
4	пљоснати засун	-	250	-	60	1,22	0,08	-	0,3	0,023
6	колено 90°	-	250	-	60	1,22	0,08	-	0,25	0,019
7	права цев	0,3	250	0,022	60	1,22	0,08	0,002	-	-
8	ТТ комад	-	250	-	120	2,44	0,30	-	1,5	0,457
9	дифузор DN250/350	-	250	-	120	2,44	0,30	-	0,37	0,113
10	права цев	166	350	0,022	120	1,25	0,08	0,827		
11	колено 90°, 5 ком.	-	350	-	120	1,25	0,08	-	1,25	0,099
12	слободно истицање	-	350	-	120	1,25	0,08	-	1	0,079
								$\sum \Delta h_{lin}$	0,95	$\sum \Delta h_{lok}$ 1,30

Свака пумпа је опремљена посебном спојницом којом је омогућено лако вађења агрегата из воде. Посебно израђен део на телу пумпе осигурава, самом тежином агрегата, непропусност између спојнице и пумпе.

На споменутој спојници налази се вођица од нерђајућег челика. Ова вођица омогућује сигурну манипулацију пумпним агрегатима приликом вађења или спуштања у црпни базен. За вађење пумпи из базена користи се ручна дизалица. Ланац за извлачење, који је спојен са телом пумпе је такође израђен од нерђајућег челика, ради спречавања корозије.

Кућишта пумпи израђена су од сивог лива. Она се у сврху заштите од корозије боје посебном антикорозивном бојом у више премаза.

Радно коло пумпе је израђено посебно за рад са необрађеном отпадном водом, које истовремено омогућава пролаз крупних комада и уситњавање отпада уколико је габаритно већи.

Мотор пумпе заштићен је термичком заштитом у намотајима статора и од продора влаге у комори механичког заптивача.

Паралелан рад две пумпе приказан је на дијаграму на слици 2.

Аутоматско управљање пумпама врши се помоћу хидростатичке сонде за унапред задати ниво воде у црпном базену. [5]

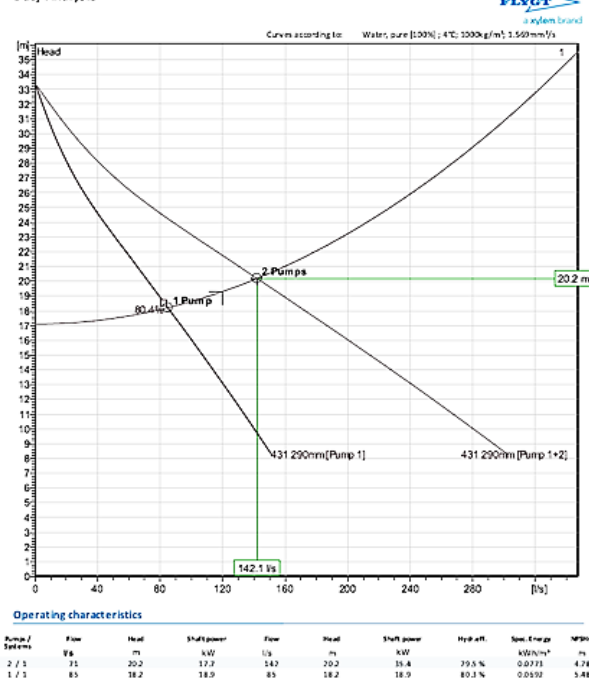
Уврштавањем вредности из табеле 1 у претходну једначину (1), добија се укупан напор пумпе $H = 19,31$ m, при паралелном раду две пумпе и протоку $Q = 120$ l/s.

На основу потребног капацитета једне пумпе и израчунате потребне висине дизања (напора), усваја се пумпа **Flygt NP3171 MT 3~ 431**.

Карактеристике пумпе су:

- проток $Q = 85$ l/s,
- напор: $H = 18,2$ m,
- снага $P = 22$ kW.

NP 3171 MT 3~ 431
Duty Analysis



Слика 2. Крива рада пумпи у паралелном раду FLYGHT NP3171 MT3~ [8]

Из очитаних података за карактеристичну радну тачку, може се приметити да ће обе пумпе у паралелном раду при потребној геодетској висини дизања остварити капацитет од $Q = 142,1 \text{ l/s}$.

3.2. Биолошки третман отпадне воде

Након механичке обраде отпадне воде следи биолошка обрада.

За биолошки третман отпадне воде изабран је SBR поступак (Sequenced Batch Reactor Process) са дубинском аерацијом и мешањем садржаја.

Мешање и аерација остварују се помоћу миксера и дифузора за унос ваздуха односно кисеоника. Ваздух под притиском, који је потребан за биолошки процес, производи се дуваљкама. Оне се постављају као компактан агрегат на заједничку управљачку платформу пречистача [4]. Потребан притисак дуваљки добијен је прорачуном који узима у обзир пад притиска кроз цевне деонице, пад притиска на најудаљенијем дифузору и пад притиска на дуваљци и вентилу.

Добијени потребан радни притисак дуваљки износи: $\Delta p_u = 708 \text{ mbar}$. Сходно добијеној вредности потребног притиска одабрана је дуваљка произвођача „Kubiček“ ознаке **3D45B-150K**.

Техничке карактеристике одабраног типа дуваљки су:

- проток ваздуха: $11 \text{ m}^3/\text{min}$,
- снага дуваљке: 22 kW ,
- пречник потиса: 150 mm ,
- притисак Δp : 700 mbar ,
- брзина обртања дуваљке: 2600 min^{-1} .

Сигурност рада SBR-а битно зависи од квалитета одвода бистре/ пречишћене воде. Циљ је отицање ефлуента без чврстих материја у реципијент, што значи да та пречишћена вода не сме садржати пливајући или седиментирани муљ. Све ово се постиже применом посебних уређаја који одводе воду са површине базена SBR-а који се називају декантери.

Декантерски уређај који је изабран за пречистач састоји се од хоризонталне одводне цеви, цеви која се спаја на уроњени, окретни зглоб и електричног витла. Сви делови су израђени од нерђајућег челика и потпуно су отпорни на корозију.

3.4. Дренажа муља – дехидратација

Ротациона клипна (моно) пумпа служи за допремање незгуснутог муља из силоса за муљ у постројење на дренажу. Пумпа је инсталисана у шахту у близини силоса за муљ. Хидраулични учинак пумпе је усклађен са капацитетом декантер центрифуге, где је капацитет $Q = 0,0025 \text{ m}^3/\text{s}$.

Хидрауличким прорачуном се дошло до избора пумпних агрегата рачунајући пад притисак у потисном цевоводу (2):

$$H_p = H_g + \Delta H_{lok} + \Delta H_{lin} \quad (2)$$

Пад напора усред трења се израчунава:

$$\Delta H_{lin} = \lambda_m \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{\rho_m}{\rho_v} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (3)$$

где су:

- ρ_v – специфична густина воде $[\text{kg}/\text{m}^3]$,
- ρ_m – специфична густина мешавине $[\text{kg}/\text{m}^3]$,
- v_f – брзина флуида у цевоводу $[\text{m}/\text{s}]$,
- l – дужина цевовода $[\text{m}]$,
- D – пречник цевовода $[\text{m}]$,
- g – гравитациона константа $[\text{m}^2/\text{s}^2]$.

Пад напора усред локалних губитака се израчунава:

$$\Delta H_{lok} = \Sigma \zeta \cdot \frac{v_f^2}{2g} \quad (4)$$

где је:

- Σ – сума коефицијената локалних губитака $[-]$,
- v_f – брзина флуида у цевоводу $[\text{m}/\text{s}]$,

На основу формула (2)(3)(4) добијен пад притиска у потисном цевоводу износи $H = 7,55 \text{ m}$.

Према добијеном паду притиска и капацитету муља одабрана је моно пумпа.

Карактеристике усвојене пумпе, ознаке „Sydex BK 039-1L“ су следеће:

- проток $Q = 5-9 \text{ m}^3/\text{h}$,
- притисак на потису $2-3 \text{ bar}$,
- инсталисана снага $2,2 \text{ kW}$ - фреквентно регулисана,
- пречник усис/потис $\text{DN}90$.

4. ЗАКЉУЧАК

За потребе пречишћавања отпадних вода у општини Мали Иђош извршен је хидраулички прорачун опреме и усвојена је следећа опрема:

- Пумпа за препумпавање отпадне воде на вишу коту: **Flygt NP3171 MT 3~ 431**. Карактеристике пумпе су:

- проток $Q = 85 \text{ l/s}$,
- напор: $H = 18,2 \text{ m}$,
- снага $P = 22 \text{ kW}$.

- Дуваљка за потребе аерације „KUBIČEK“ тип **3D45B-150K**. Техничке карактеристике одабраног типа дуваљки су:

- проток ваздуха: $11 \text{ m}^3/\text{min}$,
- снага дуваљке: 22 kW ,
- пречник потиса: 150 mm ,
- притисак Δp : 700 mbar ,
- брзина обртања дуваљке: 2600 min^{-1} .

- Пумпа за муљ ознаке „Sydex BK 039-1L“ следећих карактеристика:

- проток $Q = 5-9 \text{ m}^3/\text{h}$,
- притисак на потису $2-3 \text{ bar}$,
- снага $2,2 \text{ kW}$ (фреквентна регулација),
- пречник усис/потис $\text{DN} 90$.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Стипић М. (2019.) *Скрипта из предмета Комунална хидротехника – део 2. каналсање насеља*, Факултет техничких наука у Новом Саду – скрипта.
- [2] Шашић, М., (1990). *Транспорт флуида и чврстих материјала цевима*, Научна књига, Београд.

- [3] Букуров, М., (2009) *Апарати за механичко пречишћавање ваздуха*, Факултет техничких наука у Новом Саду, Едиција: Техничке науке – уџбеници.
- [4] Пројекат за извођење (2019.) „*Централног постројења за пречишћавање отпадних вода за насеља у општини Мали Иђош*“ – пројекат технологије.
- [5] Пројекат за извођење (2019.) „*Централног постројења за пречишћавање отпадних вода за насеља у општини Мали Иђош*“ – пројекат хидротехничких инсталација.
- [6] Пројекат за извођење (2019.) „*Централног постројења за пречишћавање отпадних вода за насеља у општини Мали Иђош*“ – пројекат машинских инсталација.
- [7] Каталог за одабир моно пумпи произвођача „*SYDEX*“.
- [8] Сајт за одабир пумпних агрегата произвођача „*FLYGHТ*“ <https://www.xylect.com/>.
- [9] Каталог за одабир дуваљки произвођача „*KUBIČEK*“.

Кратка биографија:



Томислава Радановић рођена је у Новом Саду 1995. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Машинства– Енегетика и процесна техника, модул – гасна и нафтна техника, одбранила је 2023. год.
Контакт: tomislavaradanovic@gmail.com

ANALIZA KONKURENTNOSTI MALIH MODULARNIH NUKLEARNIH ELEKTRANA**ANALYSIS OF COMPETITIVENESS OF SMALL MODULAR NUCLEAR POWER PLANTS**Milenko Jovanov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ENERGETIKA I PROCESNA TEHNIKA**

Kratak sadržaj – U radu je prikazana mogućnost korišćenja nuklearne energije u okviru malih modularnih nuklearnih reaktora u cilju što je moguće efikasnijeg rešavanja narastajućih energetskeg problema na globalnom nivou. Cilj rada jeste da pokaže da su modularne nuklearne elektrane prihvatljiv izvor nedostajuće električne energije, samostalno ili kao deo elektroenergetskog sistema jedne države.

Ključne reči: nuklearna energija, modularni nuklearni reaktori, nuklearno gorivo

Short content - The paper shows the possibility of using nuclear energy in the framework of small modular nuclear reactors in order to solve the growing energy problems on a global level as efficiently as possible. The goal of the work is to show that modular nuclear power plants are an acceptable source of missing electricity, independently or as part of a country's power system.

Keywords: nuclear energy, modular nuclear reactors, nuclear fuel

1. UVOD

Energija kao pokretačka snaga proizvodnih i svih drugih procesa na Zemlji i njena proizvodnja u dovoljnim količinama, predstavljaju narastajući problem čovečanstva na globalnom nivou. Događaji iz prošlosti pokazuju da su izvori zelene energije, bez obzira na svoju opravdanost sa ekološkog, ali i drugih aspekata, još uvek veoma daleko od mogućnosti da zadovolje energetske potrebe čovečanstva.

Otkriće nuklearnih procesa i mogućnost dobijanja energije kao njihovog produkta otvorilo je nova vrata u proizvodnji velikih količina električne energije, a samim tim i po ekonomski prihvatljivoj ceni. Opštepoznata stvar u vezi ovog načina proizvodnje električne energije jeste njegova ekološka neprihvatljivost, obzirom na generisanje nuklearnog otpada kao nus produkata ovih procesa i neophodnosti njihovog odlaganja, ali možda još više na katastrofalne posledice po ljude i okruženje koje sa sobom nose havarije na ovakvim postrojenjima, čiji smo svedoci u bliskoj prošlosti i mi bili.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Kljajić, vanr. prof.

2. NUKLEARNE ELEKTRANE

Uzimajući u obzir temelje koncepta modularne gradnje nuklearnih elektrana, naučna zajednica je definisala pojam malih modularnih reaktora (eng. Small Modular Reactors - SMR). Na početku treba reći da tehnologija malih reaktora nije nova tehnologija. To je novi koncept, koji je zahvaljujući svojim karakteristikama ekonomski i fleksibilno konkurentan, što mu omogućava primenu u različitim situacijama. Karakteristika koja određuje veličinu ovih energetskeg elemenata može se odnositi na instalisanu snagu i na gabarite.

2.1. Princip rada modularnih reaktora

Princip rada ovog tipa nuklearnih reaktora zasniva se na primeni nuklearne fisije kao osnove za proizvodnju energije. Nuklearna fisija predstavlja proces tokom kojeg se jezgro atoma određenih elemenata razdvaja na dva ili više manjih, lakših jezgara. Tokom procesa razdvajanja atoma dolazi do oslobađanja velike količine energije u obliku toplote i zračenja.

2.2. Tipovi reaktora

Najveći deo električne energije koja je došla iz nuklearnih elektrana, dobijen je u sistemima opremljenim sa dve vrste reaktora koji su razvijeni 50-ih godina prošlog veka i od tada su samo poboljšavani. Nuklearni reaktori prve generacije povučeni su iz upotrebe, dok većina onih koji su još uvek u upotrebi i koji proizvode oko 10 % ukupno proizvedene električne energije pripadaju drugoj generaciji.

2.3. Komponente nuklearnog reaktora**2.3.1. Gorivo**

Osnovno i najčešće korišćeno nuklearno gorivo je uranijum. Obično se koristi u obliku peleta napravljenog od uranijum oksida (UO_2), raspoređenih u cevima tako da formiraju gorive šipke. Šipke su raspoređene u gorive sklopove koji se nalaze u jezgru reaktora. U reaktoru napunjenom novim gorivom neophodno je postojanje izvora neutrona, koji svojim radom dovode do pokretanja reakcije. U tu svrhu se obično koristi berilijum pomešan sa polonijumom, radijumom ili drugim alfa emiterom.

2.3.2. Moderator

Moderator je materijal u jezgru reaktora koji dovodi do usporavanja neutrona oslobođenih tokom nuklearne fisije, kako bi mogli da pokreću još ovakvih procesa. Za ovu svrhu se obično koristi voda, mada može da bude i teška voda ili grafit.

2.3.3. Kontrolne šipke ili lopatice

Ovi elementi su napravljeni od materijala koji apsorbuje neutrone, kao što je kadmijum, hafnijum ili bor. Kako bi mogli da kontrolišu brzinu reakcije ili da je čak i zaustave, bivaju ubačeni ili povučeni iz jezgra. Tokom nuklearne fisije, većina neutrona se oslobađa brzo, međutim desi se da neki i okasni. Takvi neutroni su ključni u obezbeđivanju kontrole nad sistemom lančane reakcije, kao i da je izvodljivo precizno ga sprovesti

2.3.4. Rashladna tečnost

Rashladna tečnost cirkuliše kroz jezgro i iz njega preuzima i prenosi toplotu generisanu tokom nuklearne fisije. U reaktorima sa lakom vodu, pored toga što funkcioniše kao moderator, voda igra ulogu i primarnog rashladnog sredstva. Sa izuzetkom reaktora sa ključalom vodom, postoji sekundarni krug rashladne tečnosti u kojem voda postaje para. Reaktori sa vodom pod pritiskom imaju dve do četiri primarne petlje rashladne tečnosti sa pumpama, koje pokreće para ili električna energija.

2.3.5. Posuda pod pritiskom ili cevi pod pritiskom

Posuda u kojoj je smešteno jezgro reaktora obično je robustna, izrađena od čelika u kojoj je pored jezgra smešten i moderator odnosno rashladna tečnost posuda, ali konstrukcija može biti izvedena i kao niz cevi koje sadrže gorivo i prenose rashladnu tečnost kroz okolni moderator.

2.3.6. Generator pare

Generator pare može biti deo sistema za hlađenje kod reaktora sa običnom ili teškom vodom pod pritiskom, gde se primarna rashladna tečnost pod visokim pritiskom, koja dovodi toplotu iz reaktora, u sekundarnom krugu koristi za proizvodnju pare za pokretanje turbine koja generiše električnu struju. U suštini ovo su veliki izmenjivači toplote namenjeni prenosu toplote sa jednog fluida na drugi, u ovom slučaju iz primarnog kola visokog pritiska, što je slučaj kod reaktora sa vodom pod pritiskom do sekundarnog kola, gde se voda pretvara u paru.

2.3.7. Kontejner

Kontejner predstavlja strukturu oko reaktora i pripadajućih generatora pare, čija je funkcija da ih zaštiti od spoljašnjih upada, ali isto tako, možda još značajnije da zaštiti spoljašnje okruženje od efekata radijacije u slučaju bilo kakvog ozbiljnog kvara na njima. Obično je to struktura izrađena od betona i čelika sa zidovima debljine ne manje od metar.

Noviji ruski i neki drugi reaktori poseduju uređaje za lokalizaciju topljenja jezgra ili tzv. hvatače jezgra smeštene ispod posude pod pritiskom, kako bi uhvatili bilo kakav otopljeni materijal jezgra u slučaju veće nesreće.

2.4. Radni vek nuklearnih reaktora

Većina današnjih nuklearnih elektrana, koje su još uvek u funkciji, prvobitno su bile projektovane za radni vek od 30 ili 40 godina. Međutim, nakon analize stanja postrojenja po isteku tog perioda zaključeno je da je uz velika ulaganja u sisteme, strukture i komponente, radni vek ovih sistema moguće produžiti, dok u nekoliko zemalja postoje i aktivni programi za produženje rada, obzirom na isplativost takvog postupanja u odnosu na izgradnju novih

postrojenja, pogotovu u svetlu aktuelnog otežanog i skupljeg snabdevanja električnom energijom. Skoro svi od gotovo 100 instaliranih nuklearnih reaktora u SAD imaju odobrenje za produženje dozvole za rad sa 40 na 60 godina

2.5. Koncept modularnosti - prednosti i nedostaci

Modularnost je koncept koji omogućava optimalno upravljanje troškovima, što znači da nivo ulaganja sredstava, stepen izlaganja riziku od potencijalnih opasnosti, ugrožavanje životne sredine sredine odgovara zadovoljenju potreba zajednice za određenim dobrima koje zahteva navedena ulaganja. Za razliku od sistema čija se strukturalno napredovanje završava trenutkom završetka njihove izrade, modularne strukture su tako projektovane da ih je strukturno moguće nadograditi odgovarajućim elementima.

2.6. Procesna modularnost

U procesnoj industriji, funkcionalni modul predstavlja strukturiranu jedinicu za planiranje i realizaciju, povezanu sa procesnom funkcijom koja formira „oblak“ neophodnih informacija. Takvi procesi mogu biti intenzivirani, modularni i nakon toga međusobno kombinovani, integracijom opreme u module manje veličine koji međusobno sarađuju. Modularno intenziviranje procesa može biti definisano kao razvoj hemijskog inženjeringa koji vodi ka znatno manjoj, čistijoj i energetske efikasnijoj tehnologiji ili koji kombinuje više operacija u nekoliko ili u samo jedan uređaj.

2.7. Proizvodnja modula

Koncept modularnosti u stvari predstavlja dizajn konfiguracije, koji podrazumeva projektovanje funkcionisanja, montaže i proizvodnje. Modularnost proizvodnje podrazumeva takav razvoj modula proizvoda koji omogućava njihovu minimalnu međuzavisnost u pogledu procesa proizvodnje, tako da pojedinačne karakteristike modula obezbeđuju njihovu maksimalnu sličnost s jedne strane i minimalnu sličnost po pitanju spoljašnjih karakteristika. Implementirani procesi proizvodnje jednog modula trebali bi da budu što je moguće nezavisniji od procesa koji se koriste za proizvodnju drugih modula, dok bi procesi tokom kojih nastaju komponente modula treba da bude slični.

2.8. Konstrukcija modula

Modularna konstrukcija podrazumeva instalaciju komponenti koje se izrađuju van lokacije montaže. Prednosti ovakvog koncepta ogledaju se u skraćanju vremena potrebnog za izgradnju i smanjenju troškova, kao i podizanju nivoa fleksibilnosti, bezbednosti, smanjenju količine nastalog otpada, smanjenju obima smetnji koje bi mogle da ometaju izgradnju, mogućnosti nezavisnog i paralelnog obavljanja poslove, čak i tokom hladnih zimskih meseci i na udaljenim lokacijama i olakšavanju preseljenja postrojenja kada je potrebno. Ovaj princip se može nazvati i modularnost opsega, obzirom da kombinovanje sa modularnošću obima u velikom postrojenju rezultira sveobuhvatnom modularnošću.

2.9. Koristi od koncepta modularnosti

Primena koncepta modularnosti vodi ka smanjenju složenosti sistema njegovom dekompozicijom na nezavisne ili međuzavisne komponente sa razumljivim i upravljivim karakteristikama. Pojednostavljenja u konstruisanju jednog nuklearnog postrojenja dovode do smanjenog obima rada, kao i rada na održavanju, nižih investicionih i operativnih troškova, povećane sigurnosti i pouzdanosti, smanjenja obima bezbednosnih mera van lokacije i smanjene interakcije između mašine i čoveka.

2.10. Savremeni trendovi u oblasti nuklearne tehnike

2.10.1. Sjedinjene Američke Države

Ministarstvo energetike SAD (eng. US Department Of Energy - USDOE) je u decembru 2020. najavilo početno ulaganje u iznosu od 30 miliona dolara u okviru Naprednog programa demonstracije rada reaktor (eng. Advanced Reactor Demonstration Program - ARDP) za pet timova sa sedištem u SAD koji razvijaju pristupačne tehnologije reaktora koje će biti korišćene u narednom periodu (10÷14) godina i to: Kairos Power za Hermes reaktor smanjenog obima, koji predstavlja umanjenu verziju njegovog reaktor visoke temperature hlađenog fluoridnom solju (KP-FHR).

2.10.2. Velika Britanija

U julu 2020. godine, u okviru svog programa naprednog modularnog reaktora (eng. Advanced Modular Reactor - AMR), Odeljenje za poslovnu, energetska i industrijsku strategiju (eng. Department of Business, energy and industrial strategy - BIES), u cilju daljeg tehničko-tehnološkog razvoja eksploatacije nuklearne energije, dodelilo je po 10 miliona funti kompaniji Vestinghouse-a, za njihov brzi reaktor hlađen olovom (eng. Lead-cooled Fast Reactors - LFR) snage 450 MWe, konzorcijumu U-Battery, za njihov visokotemperaturni reaktor (eng. High Temperature Reactor - HTR) snage 4 MWe i kompaniji Tokamak Energy za njihov projekat kompaktnog fuzionog reaktora.

2.10.3. Kanada

U oktobru 2020. godine Energetska korporacija Ontario (eng. Ontario Power Generation - OPG) najavila je da će unaprediti procese inženjering i konstrukcije kroz saradnju sa tri operatera malih modularnih reaktora na nivou mreže, GE Hitachi (GEH), Terrestrial Energy i X-energy, s ciljem pružanja podrške energetskim potrebama udaljenim područjima. U tim aktivnostima fokus je na GEH - ovom modelu BWRX-300 snage 300 MWe, Terrestrial Energy - ovom integrisanom reaktoru sa rastopljenom solju snage 192 MWe i X-energy - ovom modelu Xe-100 visokotemperaturnog malog modularnog reaktora snage od 80 MWe. Sva tri modela reaktora su u fazi 2 procesa pregleda konstrukcije dobavljača. GEH uspostavlja kanadski lanac snabdevanja za svoj model BWRX-300.

2.10.4. Kina

Na globalnom nivou najnapredniji projekat malog modularnog reaktora razvijen je u Kini, gde kompanija Chinergy počinje da gradi visokotemperaturni reaktor snage 210 MWe, koji se sastoji od dva visokotemperaturna gasom hlađena reaktora, snage 250 MWt, čiji se rad zasniva na iskustvu nekoliko inovativnih reaktora od 60-ih do 80-ih godina prošlog veka [6].

Korporacija CNNC New Energy, kao zajedničko preduzeće CNNC, sa udelom u vlasništvu od 51% i korporacije China Guodian, sa udelom u vlasništvu od 49%, promovise reaktor ACP 100. Preliminarni bezbedonosni izveštaj koji je podrazumevao analizu demonstracionog postrojenja sa jednom jedinicom u Changjiang-u odobren je u aprilu 2020.

3. EKONOMSKA ANALIZA KORIŠĆENJA NUKLEARNE ENERGIJE

3.1. Snabdevanje nuklearnim gorivom

Industrija proizvodnje električne energije iz nuklearnih izvora svetskom tržištu trenutno doprinosi sa oko 10% svetske proizvodnje električne energije. Uzimajući sve relevantne faktore u obzir, za očekivati je da će igrati sve važniju ulogu u budućem snabdevanju električnom energijom za šta opravdanje postoji u sledećim razlozima:

- proizvodnja nuklearne energije generiše skoro nula emisiju ugljen-dioksida i drugih zagađivača,
- pouzdana i sigurna priroda nuklearne energije na zahtev, privlačna za zemlje u razvoju, one kojima nedostaju domaći energetski resursi, ali i za razvijene zemlje koje u cilju svog daljeg napretka imaju nameru da uvedu visok udeo obnovljivih izvora energije, uz istovremeno održavanje stabilnosti mreže,
- dugoročna troškovna konkurentnost nuklearne energije,
- industrijske i prednosti vezane za ljudske resurse povezane sa daljim razvojem i upotrebom nuklearne energije i
- sposobnost proizvodnje toplote sa skoro nultim nivoom ugljenika, uz dodatak električne energije, pomaže inače teško ostvariv proces dekarbonizacije.

3.2. Dostupnost i cena nuklearnog goriva

Na osnovu izveštaja Međunarodne agencije za nuklearnu energiju (eng. International Atomic Energy Agency - IAEA) koji se bavi globalnim scenarijima o potražnji i dostupnosti nuklearnog goriva u periodu od 2021. do 2040. godine objavljenom u septembru prošle godine, može se zaključiti da postoje očekivanja da će potražnja za uranijumom potrebnim za rad nuklearnih reaktora širom sveta ići uzlaznom linijom. Globalna potražnja za uranijumom iz nuklearnih reaktora u 2021. godini procenjena je na oko 62500 tona.

3.3. Ekonomija proizvodnje nuklearne energije

Proizvodnja električne energije eksploatacijom nuklearnog goriva može se okarakterisati kao cenovno konkurentna drugim oblicima njene proizvodnje, što međutim još uvek ne važi u onim situacijama gde postoji direktan pristup jeftinim fosilnim gorivima. Obzirom na njihovu ograničenost i neizbežno potpuno iskorišćavanje u relativno bliskoj budućnosti, za očekivati je da ovaj ekonomski odnos i u tim situacijama bude promenjen.



Slika 1. Cene uranijuma u prethodnih 25 godina

3.4. Primena torijuma u nuklearnim reaktorima

Pored uranijuma, u cilju proizvodnje električne energije, kao gorivo se može koristiti i torijum, koji neki autori vide kao manje opasno i ekološki prihvatljivije gorivo.

Torijum je blago radioaktivni element koji je prirodno lociran u Zemljinoj kori. Ima ga više od uranijuma i moguće ga je zračenjem pretvoriti u materijal pogodan za korišćenje u nuklearnim reakcijama.

Predviđeno je da bude korišćen zajedno sa nuklearnim gorivom primenljivim u nuklearnoj fisiji, kao što je slučaj sa recikliranim plutonijumom i uranijumom.

3.5. Ekonomija nuklearnih elektrana

Za nuklearne elektrane se zbog implementirane tehnologije može reći da su skupe za izgradnju, ali relativno jeftine za rad, obzirom da su operativni troškovi ovih postrojenja niži od skoro svih konkurenata na fosilnim gorivima, sa veoma malim rizikom od njihovog rasta. U zavisnosti od okolnosti, nuklearna energija može da bude konkurentna fosilnim gorivima, posebno uzimajući u obzir da su troškovi odlaganja otpada i razgradnje obično u potpunosti uključeni u operativne troškove. Konkurentnosti doprinose i društveni, zdravstveni i ekološki troškovi fosilnih goriva.

4. NUKLEARNA ENERGIJA U SRBIJI

Narastajuća globalna ekološka svest neizbežno dovodi do ovakve pojave i u Srbiji, što praktično znači da će naša država u bliskoj budućnosti morati sve više da se okreće zelenim i alternativnim izvorima energije, odnosno napuštati one koji za generisanje električne energije koriste prljavu, fosilna goriva.

Dok jedni smatraju da je bez obzira na evidentan tehnološki napredak ove tehnologije, ona i dalje predstavlja značajnu, potencijalnu opasnost za život i zdravlje stanovništva, drugi pak misle da narastajuće energetske potrebe, u svetlu pritiska za smanjenje korišćenja fosilnih goriva, neće moći biti zadovoljene iz obnovljivih izvora energije.

5. ZAKLJUČAK

Kao zaključak se na kraju rada može reći da će, bez obzira na želje, proći još mnogo vremena do razvoja tehnologija koje omogućavaju korišćenje zelenih izvora energije i istovremeno proizvodnju dovoljnih količina električne energije potrebne za zadovoljenje svih potreba. U tom smislu sve je više zagovornika koji smatraju da je nuklearna energija resurs koji može da popuni nastalu prazninu u ponudi. Uzimajući u obzir tu činjenicu, kao i činjenicu da je po mnogim pitanjima to veoma zahtevna tehnologija, moguće rešenje leži u modularnim nuklearnim reaktorima, kao optimalnom rešenju između energetskih potreba i raspoloživih resursa kapitala.

6. LITERATURA

- [1] Mario D. Carelli and Daniel T. Ingersoll: HANDBOOK of SMALL MODULAR NUCLEAR REACTORS, Woodhead Publishing, 2015
- [2] Esam M. A. Hussein: Emerging small modular nuclear power reactors: A critical review, Faculty of Engineering and Applied Science, University of Regina, Canada, 2020
- [3] Zvaničan veb sajt Svetske nuklearne asocijacije - dostupno na www.world-nuclear.org/information-library/economic-aspects/economics-of-nuclear-power.aspx [datum pristupa 12.03.2023.].
- [4] Zvaničan veb sajt američkog ministarstva energetike - dostupno na www.energy.gov/ne/advanced-small-modular-reactors-smrs [datum pristupa 10.03.2023.].
- [5] Zvaničan veb sajt američkog ministarstva energetike - dostupno na www.energy.gov/ne/benefits-small-modular-reactors-smrs [datum pristupa 10.03.2023.].
- [6] Vodeći, besplatni onlajn portal koji prati teme održivog energetskog razvoja, klimatskih promena, zaštite životne sredine i mobilnosti redovnim objavljivanjem vesti, informacija o promeni zakonske regulative i investicionih mogućnosti u zemljama Balkana - dostupno na www.balkangreenenergynews.com/rs/srbija-ce-ove-godine-doneti-odluku-o-gradnji-malih-nuklearnih-elektrana/ [datum pristupa 10.05.2023.].

Kratka biografija:



Milenko Jovanov rođen je u Zrenjaninu, Republika Srbija 1995. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva odbranio je 2023. god

kontakt: jovanovm95@gmail.com

БАЛИСТИЧКЕ ОСОБИНЕ ШЛЕМА ОД КОМПОЗИТНОГ МАТЕРИЈАЛА**BALLISTIC PROPERTIES OF COMPOSITE HELMET**

Ана Брдар; Факултет техничких наука, Нови Сад

Област - МАШИНСТВО

Кратак садржај – У раду је извршено балистичко испитивање композитног шлема. Шлем је подвргнут тестирању са различитим калибрима метака под истим условима. Добијени резултати су коришћени ради утврђивања балистичких особина шлема али и ради поређења перформанси овог шлема са челичним шлемовима. Резултати овог истраживања наглашавају предност коришћења композитних материјала у изради шлемова.

Кључне речи: Балистичко испитивање, композитни шлем, деформације шлема, пробој шлема.

Abstract – Ballistic testing of a composite helmet was conducted in the study. The helmet underwent testing with variut caliber of bullets under the same conditions. The obtained results were used to determine the ballistic characteristics of the helmet and to comapre its performance with steel helmets. The results of this research highlight the advantage of using composite materials in helmet productions.

Keywords: Ballistic testing, composite helmet, helmet deformation, helmet penetration

1. УВОД

Посматрајући историју, на област заштите је мало шта тако дубоко утицало као што је то учинио шлем. Сачувани докази тога датирају још из Асирије, тачније из 800. године п.н.е. Заједно са старом Грчком и Римом, Асирија чини стари век и шлемови из овог периода су карактеристични по отпорности на корозију, мањој издржљивости, тј. већој подложност деформацијама јер су се израђивали најчешће од бронзе. Следећи већи период јесте период од старог века до првог светског рата где су главни представници били модели Адријан, Броди и Шталхелм. Три челична шлема, сличних карактеристика – већа отпорност на деформације, задовољавајућ ниво заштите али и велике масе шлема, лоша естетика и изразито мала удобност. Свет улази у други светски рат неочекивано и неприпремљено па су тако модели Адријан, Броди и Шталхелм задржали улогу заштите главе и у овим борбама [1].

Прва велика промена у свету балистике када су шлемови у питању дешава се након другог светског рата, појавом савремених, композитних шлемова.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији је ментор др Себастиан Балаш, ред.проф.

2. САВРЕМЕНИ (КЕВЛАРСКИ) ШЛЕМОВИ

PASGT (Personnel Armor System for Ground Troops) шлем, приказан на слици 1, представља први кевларски шлем, који је кад се појавио и током осадесетих година прошлог века имао савршен баланс између свих неопходних захтева које треба да испуни савремени шлем [2].



Слика 1. Приказ PASGT шлема [3]

Тајна успеха ових шлемова лежи у материјалу од којег се израђују. У питању је кевлар - врста влакана која се зову арамиди- скраћено од 'ароматични полиамид'. Кевлар поседује високу чврстоћу а и висок однос чврстоће и масе (специфична чврстоћа) као и добру отпорност ударима велике брзине и то чини овај материјал у неким областима повољнијим од метала, односно легура. Осим тога, овај материјал поседује високу жилавост и модул еластичности, термичку стабилност и отпорност на корозију [4].

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

Предмет експеримента јесте шлем Šestan Busch ВК-АСН, израђен од композитног материјала ојачаног арамидним влакнима, приказан на слици 2.



Слика 2. Приказ Šestan Busch ВК-АСН шлема

Шлем је током експеримента постављен на три дрвене летве, закуцане у земљу чиме су осигуране од померања. Око дрвених летви постављене су гуме, наслане једна на другу ради додатне сигурности. Током експеримента, у шлем је пуцано из следећих оружја и муниције:

- i. CZ 75 у калибру 9x19 mm са муницијом:
 - a. FMJ заобљено зрно, power factor 128
 - b. FMJ заобљено зрно, power factor 145
- ii. Застава М-57 у калибру 7,62x25 mm са муницијом FMJ заобљено зрно
- iii. Револвер Ruger GP100 у калибру .357 Magnum муницијом:
 - a. FMJ са тупим врхом тј. FPS
 - b. FMJ са оштрим врхом тј. FMS
- iv. Карабин JRC у калибру 9x19 mm са power faktorom 145
- v. Карабин Smith Wesson M&P-15 у калибру 5,56x45 mm са муницијом са зрном SS109 зрно са пуном кошуљицом.
- vi. Карабин Zastava PAP-G у калибру 7,62x39 mm са муницијом која има оловно језгро и пуну кошуљицу.

Растојање између тачке гађања и шлема било је 10 m и оно је остало исто за сво оружје, осим карабина у калибрима 5,56 и 7,62 mm, где је растојање повећано на 20 m. Задатак експеримента је био анализирати утицај различитих калибара метака на пробојност шлема, као и истражити обим деформација које настају приликом контакта метка са шлемом. Такође, неопходно је утврдити колико слојева шлема је пробијено у случају да метак остане заробљен унутар шлема.

Такође, у оквиру експеримента испитан је састав шлема и посматран је под микроскопом помоћу следећих уређаја:

- i. Гасни хроматограф са масеном спектрометријом "Polaris Q, Thermo Fisher, USA"
- ii. FTIR уређај "Shimadzu IRAffinity-1S"
- iii. Скенирајући електронски микроскоп "JEOL JSM 6460" је коришћен за утврђивање начина лома араидних влакана.

4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

У табели 1 могу се видети резултати првог дела експеримента тј. утицај метака на пробојност шлема, у поређењу са челичним шлемом ознаке М-59/85 и шлемом од композитног материјала, ојачаног стакленим влакнима, такође југословенским М-89.

Табела 1. Приказ резултата испитивања на пробојност

		Калибар							
		9x19 mm (pf 128)	9x19 mm (pf 145)	7,62x25 mm	.357 FPS	.357 FMS	9x19 mm FMJ	5,56x45 mm	7,62x39 mm
ДА ЛИ ЈЕ ОСТВАРЕН ПРОБОЈ?	М-59/85 [5]	×	×	✓	✓	×	✓	✓	✓
	М-89 [6]	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Busch BK-ACH	×	×	×	×	×	×	×	✓

Табела указује на то да је шлем Busch BK-ACH демонстрирао изузетну отпорност, успешно одолевајући пробијању свих тестираних калибара метака изузев калибара 5,56x45mm и 7,62x39mm. Поред пробоја и деформације шлема утичу на сигурност носиоца, табела 5.

Табела 5. Приказ вредности деформација:

ВРСТА МЕТКА	9x19 mm (pf 128)	9x19 mm (pf 145)	7,62x25 mm	.357 FPS	.357 FMS	9x19 mm FMJ
ВЕЛИЧИНА ДЕФОРМАЦИЈЕ [mm]	18	15	11	24	14	14

Критеријуми јасно дефинишу разлику између погодака који су остварени у предњем и задњем делу шлема где је тешка повреда на граници до 25,4 mm, док је максимум деформације на бочним странама шлема и са горње стране 16 mm. Дакле, поштујући ове критеријуме види се да деформације настале зрном .357 Magnum са тупим врхом, иако дефинитивно штите од пробоја не обезбеђују апсолутну сигурност носиоцу шлема јер преко границе тешке повреде.

Један од задатака експеримента био је одредити и број слојева од којих је сачињен конкретно овај шлем и одредити број слојева који су калибри поменути у претходном поглављу пробили. Током испитивања утврђено је да број слојева није једнак у свим деловима шлема, због преклапања слојева, али је утврђено и да је број слојева у просеку једанаест. Конкретан калибар и број слојева које је пробио приказано је у табели 3.

Табела 3. Приказ пробијених слојева:

ВРСТА МЕТКА	9x19 mm (pf 128)	9x19 mm (pf 145)	7,62x25 mm	.357 FPS	9x19 mm FMJ
БРОЈ СЛОЈЕВА	3	3	5	4	4
ПОСТОТАК ПРОБОЈА	27%	27%	45%	36%	36%

Дакле, као што је приметно са табеле, неки слојеви су били мање, неки више разорни. Калибри 9x19 mm (pf 128) и 9x19 mm (pf 145) јесу показали најмању штету по број слојева, мада ово јесу калибри слабије моћи од осталих. Такође калибар 7,62x25 mm веће снаге показао је пет пробијених слојева и шести који је у мањој мери оштећен што представља приближно пола шлема по дебљини.

Свако зрно које је остало унутар шлема је извађено и анализирано. Оно што је карактеристично за метак .357 FMS, који је остао у шлему јесте да је једно место на којем је приметна улазна тачка метка (означено на слици 3 као 1), док је метак пронађен на месту удаљеном 50 mm од улазне тачке (означено на слици 3 као 2). Овиме се сматра да метак није ушао под правим углом у односу на површину шлема, међутим, због слојева кевлара који су пружали отпор, као и због оштрог врха који може индуковати нестабилност при пробоју, после одређеног броја

слојева догодио се “унутрашњи рикошет“. Метак је уместо да пробија слојеве кренуо линијом мањег отпора и променио путању удесно, где се зауставио после мале раздаљине. Кретање унутар самог зида шкољке шлема било је између слојева, односно, кроз везиво. Изглед метка .357 FMS након вађења из шлема може се видети на слици 4.



Слика 3. Приказ улазне тачке метка .357 и места где је пронађен



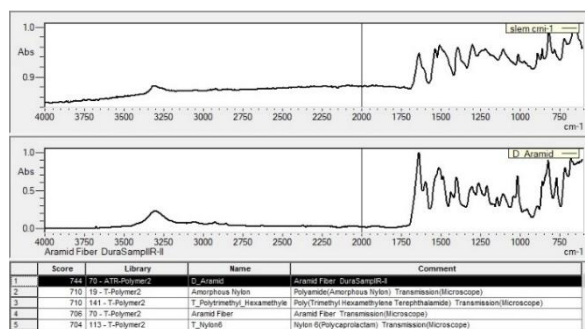
Слика 4. Изглед метка .357 FMS након вађења из шлема



Слика 5. Изглед метка 9x19 (128) након вађења из шлема

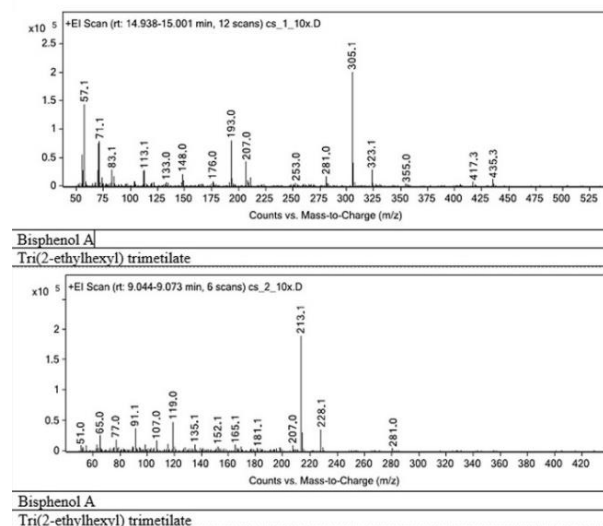
Код осталих калибара, постигнут је погодак под приближно правим углом, при чему зрно добија карактеристичан облик печурке, слика 5.

Ради потврде да је у питању кевларски шлем коришћене су FTIR (Fourier Transform Infrared) анализа спектроскопије и гасна хроматографија са масеном спектрометријом (GC/MS). Уз то, шлем, тачније његова структура посматрана је под скенирајућим електронским микроскопом (СЕМ). Резултати FTIR анализе приказани су на слици 6.



Слика 6. Резултати FTIR анализе

По пиковима који су добијени овом анализом, њиховим обликом и тачним положајем може се потврдити да је у питању кевларски шлем. FTIR анализа пре свега потврђује присуство арамидних влакана која и јесу ојачавајућа фаза кевларског шлема. Резултати гасне хроматографије са масеном спектрометријом приказани су на слици 7.



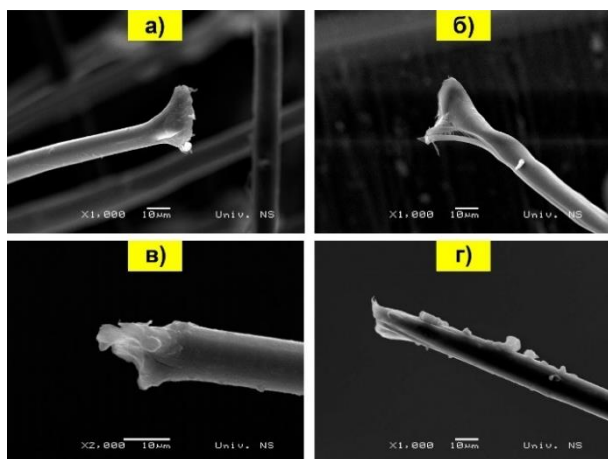
Слика 7. Резултати гасне хроматографије са масеном спектрометријом

Гасна хроматографија је дала састав полимера који веже арамидна влакна и формира шлем, односно, представља основу композитног материјала. Приметно је присуство хемијског једињења бисфенол А (BPA) које се користи као сировина за производњу епоксидне смоле.

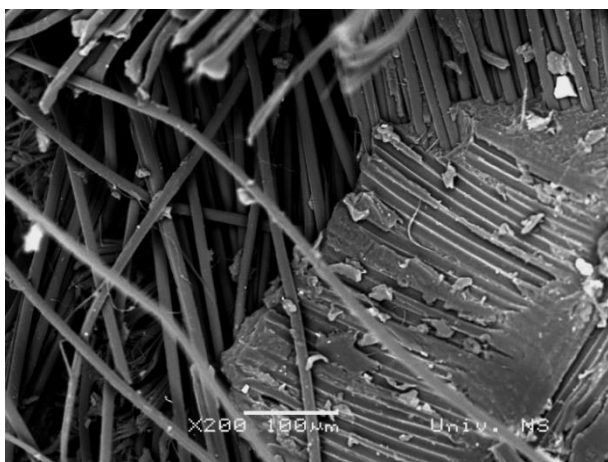
На основу резултата добијених FTIR анализом и гасне хроматографије са масеном спектрометријом констатује се да је у питању шлем састављен од арамидних влакана и епоксидне смоле.

Узорци шлема су посматрани под скенирајућим електронским микроскопом, слике 8 и 9.

На слици 8 приказани су крајеви влакана различитог изгледа. Узрок тога јесте што су влакна а) и б) прекинута смицањем и имају изглед стопе услед резања маказама у сврху припреме узорка, док су влакна в) и г) нагло прекинута затезањем и гњечењем ударом зрна.



Слика 8. Приказ завршетак влакана



Слика 9. Приказ арамидних влакана и епоксидне смоле

На слици 9 приказан је део шлема у зони поготка, где се поред усмерених влакана, јасно види основа, односно, у овом случају епоксидна смола са утиснутим влакнима која су уклоњена као последица дејства пројектила 4.

5. ЗАКЉУЧЦИ

На основу претходно изнетог може се закључити следеће:

У поређењу са свим својим претходницима од челика, кевларски шлем има повећану балистичку отпорност, пре свега захваљујући високим механичким особинама арамидних влакана. Добра карактеристика кевлара је и задржана маса, која је на нивоу челичних шлемова. Резултати експеримента су показали да је кевларски шлем успешно одолео пробоју у скоро свим случајевима испитиваних калибра.

Треба нагласити да када су се пробоји догодили код овог шлема, у питању су била оружја и калибри велике пробојности - карабини Smith Wesson M&P-15 и Zastava PAP-G и калибри 5,56x45mm и 7,62x39mm. Ово јасно демонстрира предност кевлара у односу на челичне шлемове, код којих је пробој забележен у скоро свим случајевима и то са знатно слабијим, пиштољским и револверским калибрима.

Код калибра .357 Magnum са тупим врхом, доказано је да долази до значајне и могуће фаталне деформације шлема. Иако овај шлем успешно спречава пробој, деформација може представљати опасност по живот носиоца.

Ова мана открива потребу за додатним истраживањем и развојем унапређених модела шлемова који би пружили бољу заштиту од деформација при сусрету са специфичним калибрима.

Додатна истраживања и иновације у области материјала могу довести до унапређених модела који би били у стању да пруже комплетну заштиту од удара и пробоја, са смањеном деформацијом која би представљала опасност по живот носиоца шлема.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Shadrake D. "Putting a lid on it (First World War equipment design)": Engineering & Technology (2014), vol 9, pp: 44- 47.
- [2] Carey M.E., Joseph A.S., Morris W.J., McDonnell D.E., Rengachary S.S. Brain wounds and their treatment in VII Corps during Operation Desert Storm, February 20 to April 15, 1991., Mil Med (1998), vol. 163, pp: 581-586.
- [3] <https://unitedshield.uk/images/products/helmets/pasgt-feature.jpg> (приступљено у јуну 2023.)
- [4] Tanner D., Fitzgerald J. A., Phillips B. R. The Kevlar Storyan Advanced Materials Case Study: Advanced Materials (1989) vol. 28, pp: 649-654.
- [5] Ђукић В., Балош С., Врлине јаче од мана; Калибар (2022) vol. 311, pp: 55-57.
- [6] Ђукић В., Балош С., Да ли је бољи челични или композитни?; Калибар (2022) vol. 312, pp: 54-57.

Кратка биографија:



Ана Брдар рођена је у Новом Саду 1998. год. Дипломирала 2021. год, на Катедри за материјале и технологије спајања
Контакт: anab@uns.ac.rs

ANALIZA PERFORMANSI I DEMONSTRACIJA 4G I 5G C-V2X TEHNOLOGIJE UPO- TREBOM EKSPERIMENTALNE PLATFORME I PRIMENA U PAMETNIM VOZILIMA

PERFORMANCE ANALYSIS AND DEMONSTRATION OF 4G AND 5G C-V2X TECHNOLOGY USING AN EXPERIMENTAL PLATFORM AND ITS APPLICATION IN SMART VEHICLES

Milica Ostojić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ENERGETIKA, ELEKTRONIKA I
TELEKOMUNIKACIJE**

Kratak sadržaj – U ovom radu opisana je V2X (Vehicle-to-Everything) tehnologija i primena ove tehnologije u autonomnoj vožnji. Vehicle-to-Everything (V2X) je komunikacioni sistem koji podržava prenos informacija od vozila do pokretnih delova saobraćajnog sistema, koji mogu da utiču na vozilo. Osnovna svrha V2X tehnologije jeste poboljšanje bezbednosti na putevima, ušteda energije i efikasnost saobraćaja. Cilj ovog master rada jeste da se korišćenjem eksperimentalne platforme pokaže primena 4G i 5G mreža u V2X tehnologiji.

Ključne reči: V2X tehnologija, autonomna vožnja, 4G/5G mreža

Abstract – This paper describes V2X (Vehicle-to-Everything) technology and its application in autonomous driving. Vehicle-to-Everything (V2X) is a communication system that supports the transfer of information from vehicles to mobile parts of the traffic system that can affect the vehicle. The main purpose of V2X technology is to improve road safety, save energy and improve traffic efficiency. The goal of this master thesis is to demonstrate the application of 4G and 5G network in V2X using an experimental platform.

Keywords: V2X technology, autonomous driving, 4G/5G network

1. UVOD

U V2X komunikacionom sistemu, informacije putuju od senzora, koji se nalaze u vozilima ili od drugih izvora kroz kanale/linkove sa velikim propusnim opsegom i visokom pouzdanosti, što omogućava komunikaciju sa drugim automobilima, infrastrukturom kao što su parking mesta i semafori, i pešacima, odnosno sa njihovim pametnim telefonima.

Deljenjem informacija (npr. brzine) sa drugim entitetima oko vozila, tehnologija poboljšava svest (engl. *awareness*) vozača o potencijalnim opasnostima i pomaže u smanjenju težine povreda i smrtnih slučajeva u saobraćajnim nesrećama i sudarima sa drugim vozilima.

NAPOMENA:

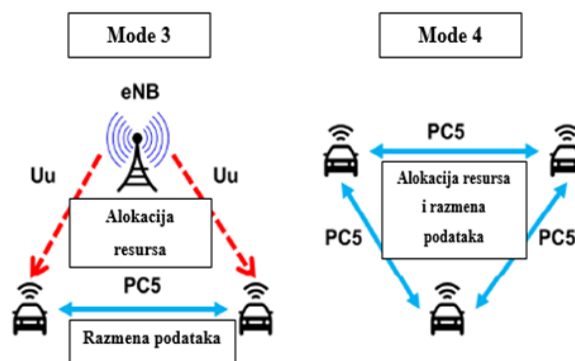
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dejan Vukobratović, red. prof.

2. FORMATIRANJE I PISANJE TEKSTA

LTE-V2X, osnovan od strane 3GPP-a, relativno je nova alternativa za V2X komunikacije zasnovane na IEEE 802.11p standardu.

Prva verzija LTE-V2X objavljena je u junu 2017. godine u okviru Release-a 14, koja je došla sa brojnim poboljšanjima postojeće Device-to-Device komunikacije (D2D), kako bi se prilagodila komunikaciji između vozila [1][2]. U Release-u 14 osmišljena su dva režima sidelink alokacije resursa:

- Mode 3 (controlled) - scheduling resursa i regulacija interferencije preko PC5 interfejsa obavlja bazna stanica (eNB) na centralizovani način, kontrolnom signalizacijom preko Uu interfejsa (slika 1.) [1]
- Mode 4 (autonomous) - vozila komuniciraju koristeći sidelink ili V2V komunikaciju, autonomno biraju svoje resurse nezavisno od toga da li postoji mobilna pokrivenost ili ne (slika 1.).



Slika 1. Mode 3 i Mode 4 LTE-V2X [1]

3. 5G-V2X MODE 1 I MODE 2

Zbog postojećih LTE-V2X ograničenja, 3GPP je dobio motivaciju da definiše novi air interfejs takozvani NR, počev od Release-a 15, iako je samo u Release-u 16 NR interfejs potpuno definisan za Sidelink 5G-V2X. NR sidelink je definisan sa namerom da se dopuni LTE-V2X Sidelink, a ne da se zameni. Ustvari, Release 16 daje opcije za koegzistenciju i saradnju između LTE-a i NR-a Sidelinka.

Mode 1 i Mode 2 dva su različita načina prenosa podataka u 5G-V2X tehnologiji. Mode 1 se takođe naziva PC5 mod i koristi se za direktnu komunikaciju na kratkom rastojanju između vozila, kao i između vozila i infrastruk-

ture. Ovaj mod radi u frekvencijskom opsegu od 5.9 GHz i dizajniran je za komunikaciju sa malim kašnjenjem i visokom pouzdanošću. NR bazna stanica odnosno gNB, vrši scheduling resursa sidelink-a koristeći NR (ili LTE) Uu interfejs.

U Mode 2 vozila autonomno određuju skup sidelink resursa koji će se koristiti među onim koje je konfigurisala bazna stanica (gNB/eNB) [1][2].

4. DEMONSTRACIJA LTE I 5G-V2X TEHNOLOGIJE UPOTREBOM EKSPERIMENTALNE PLATFORME

Testovi merenja i performansi LTE-V2X tehnologije na MK6C uređajima kompanije Cohda Wireless (slika 2.) su se izvršavali širom kampusa Univerziteta u Novom Sadu.



Slika 2. Izgled prednje i zadnje strane MK6C uređaja [3]

U jednom vozilu se nalazio predajni uređaj koji slao PC5 pakete prijemnom uređaju u drugom vozilu. Testiranje je trajalo otprilike od 08:53 h do 09:09 h. Tokom testiranja na laptop računarima, koji su bili povezani na uređaje, sačuvane su baze podataka (2 za GPS informacije o vozilima tokom vožnje i još 2 koje sadrže informacije o broju poslatih paketa, primljenih paketa, kašnjenju, interpacket gap-u i broju izgubljenih paketa).

Kako bi mogli dalje da se obrađuju sakupljeni podaci u Python programskom jeziku, bilo je potrebno da se poravnaju GPS vremena predajnog i prijemnog uređaja. Ovaj postupak je bitan kako bi moglo da se sazna kada je tokom vožnje izgubljena komunikacija i na kojim mestima tačno, tj. šta je smetalo tokom komunikacije, kao i poziciju oba vozila tokom prekida.

Nakon poravnanja vremena, analiziran je proces slanja PC5 paketa. U toku prve sekunde prijemnik je primio 17 paketa, a u svakoj sledećoj sekundi je primao 10 paketa sve do prekida komunikacije, kada je broj primljenih paketa po sekundi manji od 10.

Dalje, analizom vrednosti *Interpacket gap-a* (vreme koje je prošlo između slanja dva uzastopna paketa) u bazi koja sadrži podatke sa prijemnika, primećeno je da kada dođe do prekida u komunikaciji, *Interpacket gap* se poveća, jer nema novih paketa koji se šalju. *Interpacket gap-a* u tim trenucima uzima vrednosti u opsegu od 180 ms (tačnije 184.6 ms kada je primljeno 6027 paketa) do približno 87689 ms tj. 87688.33 ms kada je primljeno 5927 paketa. Upravo ova informacija je korišćena za određivanje vremenskih tačaka kada je došlo do gubitka komunikacije između predajnika i prijemnika.

Izračunato je da su se prekidi desili u opsegu od 09:03:12 h do 09:03:26 h i u opsegu od 09:05:36 h do 09:05:39 h.

Nakon određivanja vremena prekida i uz pomoć GPS baze, gde se nalaze koordinate oba vozila tokom vremena, na mapi su prikazane pozicije vozila tokom prekida (plave za

predajnik i zelene tačke za prijemnik na slici 3). Takođe, prikazane su i putanje vozila tokom prekida sve do početne pozicije odakle su startovala vozila. Narandžastom linijom predstavljene su pozicije automobila gde se nalazio prijemnik, a crvenom linijom su obeležene pozicije automobila gde se nalazio predajnik. Trebalo bi da se napomene da su pozicije vozila, gde se nalazio predajnik, u toku prekida 09:05:36 h, 09:05:37 h, 09:05:38 h i 09:05:39 h iste i da je zbog toga na mapi nacrtan samo jedan marker. Takođe po jedan marker je nacrtan za poziciju vozila, gde se nalazio prijemnik, za vreme prekida 09:05:36 h i vremena prekida 09:05:37 h, 09:05:38 h i 09:05:39 h. Ukoliko se obrati pažnja na prekide u periodu od 09:03:12 h do 09:03:26 h (slika 3. grupa zelenih i plavih markera na mapi), ono što je moglo da prouzrokuje prekide tj. gubitak paketa jeste ili velika rastojanja (koja su data u tabeli 1.) između vozila ili gubitak GPS signala, kojim je i uslovljena komunikacija između predajnika i prijemnika.

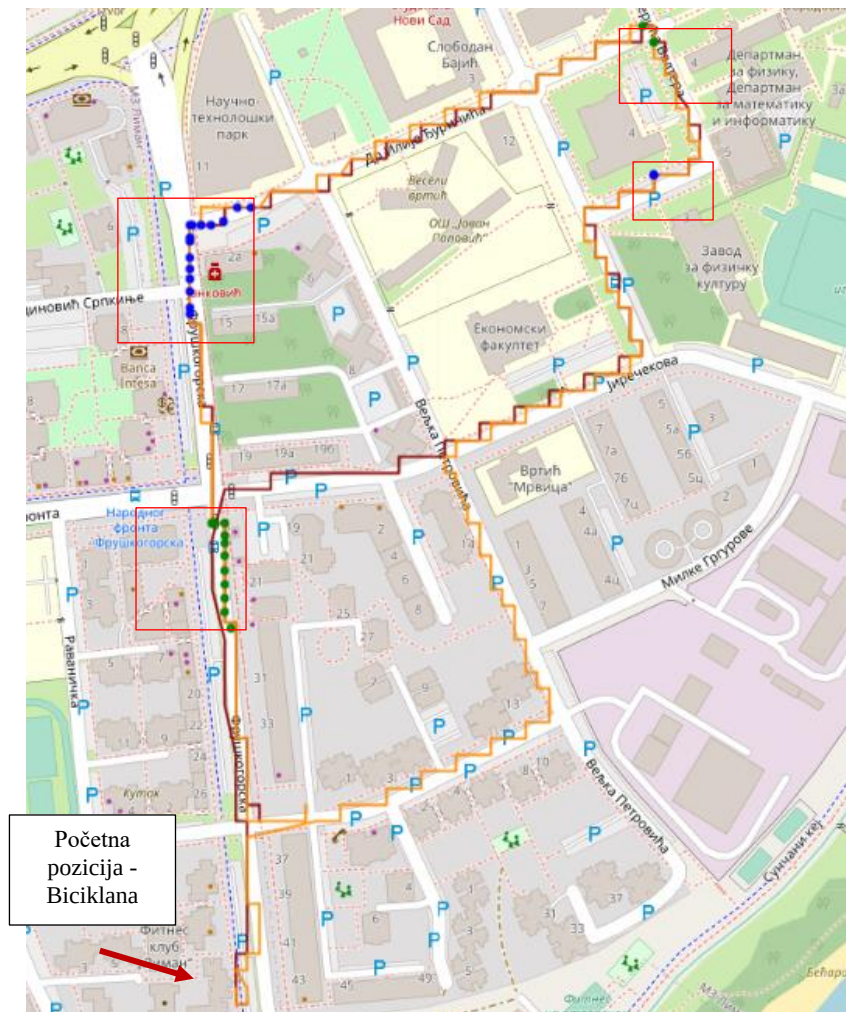
Tabela 1. Udaljenost između vozila tokom prekida

Vreme prekida	Udaljenost [m]
2023-02-10 09:03:12	212.69
2023-02-10 09:03:13	205.94
2023-02-10 09:03:14	207.66
2023-02-10 09:03:15	206.24
2023-02-10 09:03:16	204.10
2023-02-10 09:03:17	201.52
2023-02-10 09:03:18	203.73
2023-02-10 09:03:19	200.72
2023-02-10 09:03:20	201.52
2023-02-10 09:03:21	200.78
2023-02-10 09:03:22	200.30
2023-02-10 09:03:23	200.15
2023-02-10 09:03:24	202.50
2023-02-10 09:03:25	211.91
2023-02-10 09:03:26	212.82

Što se tiče uzroka prekida u periodu od 09:05:35 h do 09:05:39 h pretpostavlja se da je nastao usled gubitka GPS signala. Zbog nesavršenosti GPS antene došlo je do prekida razmene paketa između uređaja u vozilima. Ovo je naročito vidljivo na mapi, jer predajno i prijemno vozilo zalaze u zgrade, što naravno nije bilo moguće.

Na slici 4. prikazan je početni deo putanje za oba vozila. Primećuje se da su vozila pratila jedno drugo, sa malim rastojanjem između, pri čemu ni u jednom trenutku nije došlo do prekida komunikacije tj. prijemnik nije detektovao izgubljene pakete.

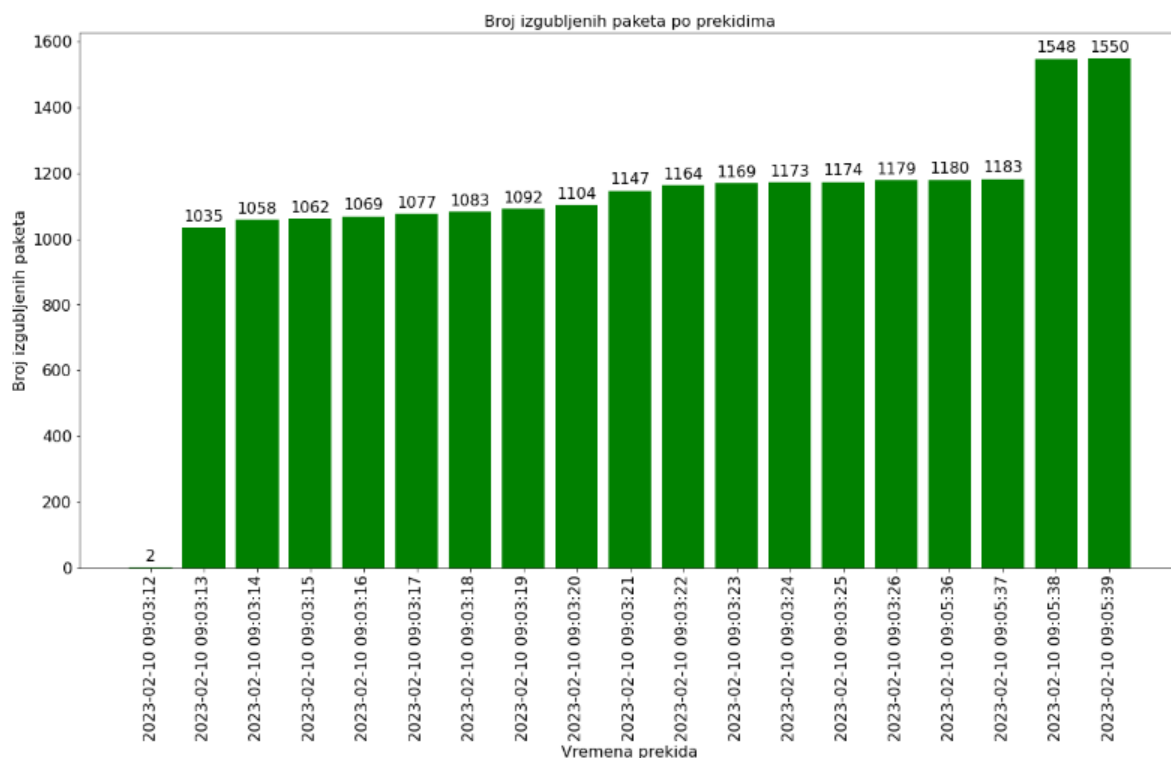
Kao što je spomenuto, tokom prekida došlo je do gubitka paketa. Broj izgubljenih paketa nije isti već se razlikuje od prekida do prekida. Na slici 5. prikazan je grafik broja izgubljenih paketa tokom svakog prekida. Vidi se da je u prvoj sekundi prekida izgubljeno svega 2 paketa, dok je u ostalim sekundama porast broja izgubljenih paketa značajan. Ukoliko bi se analizirala baza podataka predajnika gde se nalaze informacije o broju poslatih paketa, vidi se da taj broj iznosi 9620. Ukoliko se od ovog broja oduzme broj izgubljenih paketa, dobijamo da je ukupan broj paketa koje je primio prijemnik 8070, što je ujedno i poslednji očitani broj u bazi podataka prijemnika.



Slika 3. Putanje vozila tokom prekida sve do početne pozicije, odakle su startovala vozila



Slika 4. Putanje vozila pre nego što su se desili prekidi, ujedno i početni deo putanje



Slika 5. Broj izgubljenih paketa tokom prekida

Procenat uspešnosti slanja paketa iznosi 83.93 %, dok je procenat izgubljenih paketa relativno visok i iznosi 16.12 %.

5. ZAKLJUČAK

U budućnosti pouzdana i efikasna komunikacija između autonomnih vozila je ključ za uspešnu koordinaciju i funkcionisanje samog sistema autonomne vožnje, što uključuje i proces slanja i isporuke paketa između vozila.

Visok procenat izgubljenih paketa može da ukazuje na probleme u procesu razmene informacija između vozila (loš GPS signal, nekvalitetna oprema, fabrička greška, područje gde se odvija komunikacija tj. da li je u pitanju selo, grad i slično).

U cilju smanjenja izgubljenih paketa mogu se primeniti različite tehnologije i procesi za poboljšanje sistema za praćenje paketa i razvoj efikasnijih algoritama za koordinaciju autonomnih vozila.

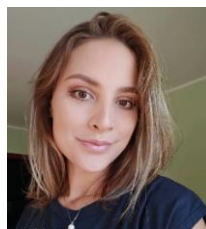
6. LITERATURA

- [1] Leandro Miguel Lopez, Charmae Franchesca Mendoza, Jordi Casademont and Daniel Camps-Mur, *Understanding the Impact of the PC5 Resource Grid Design on the Capacity and Efficiency of LTE-V2X in Vehicular Networks*, Rüdiger C. Pryss (2020.)

- [2] Shanzhi Chen, Jinling Hu, Yan Shi, Ying Peng, Jiayi Fang, Rui Zhao and Li Zhao, *Vehicle-to-Everything (V2X) Services Supported by LTE-based Systems and 5g*, IEEE Communications Standards Magazine (2017.)

- [3] <https://www.cohdawireless.com/> (pristupljeno u februaru 2023. godine)

Kratka biografija:



Milica Ostojić rođena je u Novom Sadu 1998. godine. Osnovne akademske studije je završila na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo – Telekomunikacioni sistemi. Master studije upisala je 2021. godine na smeru Informaciono-komunikacione tehnologije i obrada signala.
kontakt:
ostojic.milicaktios@gmail.com

MAŠINSKO UČENJE – DETEKCIJA I PREPOZNAVANJE LICA**MACHINE LEARNING – FACE DETECTION AND FACE RECOGNITION**

Enisa Salihagić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je koncizno objašnjena oblast Mašinskog učenja, njeni algoritmi i primena. Takođe, detaljno su objašnjeni algoritmi za detekciju i prepoznavanje lica kroz primere i slike. Mašinsko učenje je grana veštačke inteligencije koja omogućava računarima da uče i poboljšavaju se na osnovu iskustva, bez eksplicitnog programiranja. Jedna od primena Mašinskog učenja je u detekciji i prepoznavanju lica, što podrazumeva identifikaciju ljudskih lica na digitalnim slikama ili video snimcima.

Ključne reči: Mašinsko učenje, detekcija lica, prepoznavanje lica

Abstract – This paper provides a concise explanation of the field of Machine Learning, its algorithms, and its applications. Additionally, the algorithms for face detection and recognition are thoroughly explained with examples and images. Machine Learning is a branch of Artificial intelligence that enables computers to learn and improve based on experience without explicit programming. One of the applications of Machine learning is face detection and recognition, which involves identifying human faces in digital images or videos.

Keywords: Machine learning, face detection, face recognition

1. UVOD

Mašinsko učenje je podoblast veštačke inteligencije koja se bavi algoritmima i statističkim modelima koji omogućavaju računarskim sistemima da poboljšaju svoj performans na zadatku učeći iz podataka, bez eksplicitnog programiranja.

Mašinsko učenje ima širok spektar primena, uključujući prepoznavanje govora, obradu teksta, robotiku, kompjutersku viziju i sl. Bazira se na ideji da mašine mogu učiti iz podataka i iskustva, prepoznavajući obrasce i donoseći predviđanja ili odluke. Algoritmi mašinskog učenja dele se na tri kategorije: nadgledano učenje, nenadgledano učenje i učenje uslovljavanjem.

Algoritmi nadgledanog učenja uče iz obeleženih podataka, dok algoritmi nenadgledanog učenja uče iz neobeleženih podataka. Koraci koje obuhvata mašinsko učenje su:

- Prikupljanje podataka u bilo kom obliku pogodnom za obradu.
- Obrada podataka, gde se podaci čiste i pojednostavljuju, tako da model mašinskog učenja može lakše da ih procesuir.
- Podela ulaznih podataka na skupove za obuku, unakrsnu validaciju i testove.
- Izgradnja modela sa odgovarajućim algoritmima i tehnikama na setu za obuku.
- Treniranje modela, gde se podaci prosleđuju modelu mašinskog učenja, tako da model može razumeti podatke i dobiti uvid u njih.
- Testiranje konceptualizovanog modela sa podacima koji nisu uneti u model u vreme treninga i procena njegovog učinka pomoću različitih metrika.

Mašinsko učenje predstavljaju algoritmi koji raščlanjuju informacije koje uče iz ulaznih podataka, a zatim primenjuju ono što nauče kako bi donosili odluke. Algoritmi uz pomoć podataka daju izlaz. Svaka naučena informacija ulazi u model mašinskog učenja u kontinuiranim ciklusima između izlaza modela i ponovnog treniranja sa ulaznim podacima. Tri glavne komponente modela mašinskog učenja su: podaci, algoritam i trening.

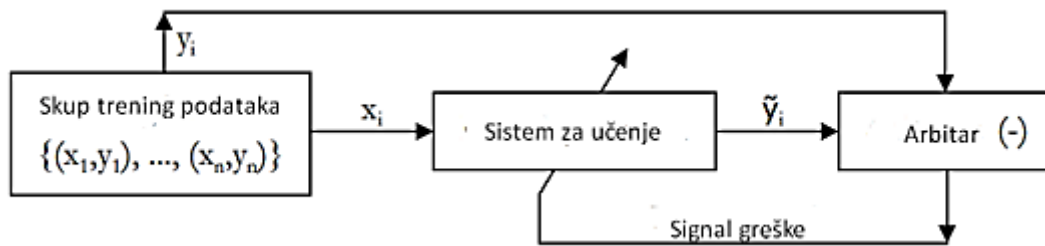
2. Nadgledano učenje

Nadgledano učenje je obrazac mašinskog učenja za sticanje informacija o odnosu ulaza i izlaza sistema, zasnovanog na skupu uparenih ulazno izlaznih podataka za obuku. Ti podaci čine trening podatke, koji se prosleđuju modelu i nazivaju se označenim podacima. Cilj nadgledanog učenja je da se izgradi veštački sistem koji može naučiti kako su mapirani ulaz i izlaz, kao i da na novim podacima može predvideti izlaz iz sistema. Ulaz i izlaz se najčešće predstavljaju u vektorskom obliku i označavaju sa x i y , pri čemu je x tipično vektor vrednosti promenljivih koje se nazivaju atributima i predstavljaju različite karakteristike promenljive, dok je y tipično jedina promenljiva koja se naziva ciljom promenljivom. Dijagram 1 ilustruje formu nadgledanog učenja.

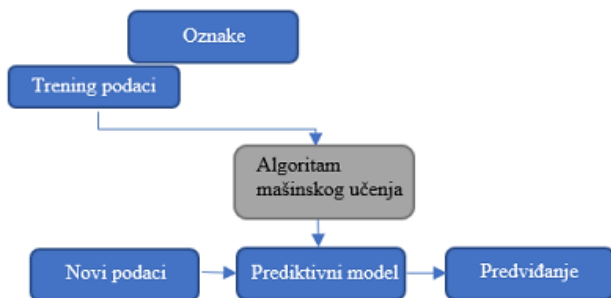
Tipičan tok rada nadgledanog učenja, u kojem su prosleđeni trening podaci u algoritam mašinskog učenja za usklađivanje prediktivnog modela koji može da izvrši predviđanje na novim, neoznačenim ulaznim podacima, prikazan je na dijagramu 2.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Rajs, red. prof.



Dijagram 1. Forma nadgledanog učenja



Dijagram 2: Tipičan tok rada nadgledanog učenja

U nadgledanom učenju postoje različiti zadaci kao što su: klasifikacija i regresija.

2.1. Klasifikacija

Klasifikacija predstavlja pristup mašinskog učenja koji se koristi za predviđanje članstva u grupi za nove instance podataka na osnovu skupa ulaznih karakteristika. U problemu klasifikacije, podaci za obuku se sastoje od skupa instanci sa poznatim oznakama klase, a cilj je naučiti mapiranje od ulaznih karakteristika u oznake klase. Postoje različite tehnike koje se koriste za klasifikaciju, kao što su: Drvo odluke, Naivni Bajesov klasifikator, SVM, K-najbližih suseda itd.

2.2. Regresija

Regresija je tehnika za istraživanje odnosa između nezavisnih varijabli ili karakteristika i zavisne varijable ili ishoda. Koristi se kao metod za prediktivno modeliranje u mašinskom učenju u kojem se algoritam koristi za predviđanje kontinualnih ishoda. Regresiona analiza sastavni je deo bilo kog modela predviđanja, tako da je uobičajena metoda u prediktivnoj analitici zasnovana na mašinskom učenju. Neke od najčešćih tehnika regresije u mašinskom učenju mogu se grupisati u sledeće tipove regresione analize:

- Jednostavna linearna regresija
- Višestruka linearna regresija
- Logistička regresija

3. KOMPJUTERSKA VIZIJA

Kompjuterska vizija je polje veštačke inteligencije koje omogućava računarima i sistemima da izvuku značajne informacije iz digitalnih slika, video zapisa i drugih vizuelnih ulaza i preduzmu radnje ili daju preporuke na osnovu tih informacija. U kompjuerskoj viziji pokušava se opisati svet kakvim ga vidimo u jednoj ili više slika i rekonstruisati njegova svojstva, kao što su oblik, osvetljenje i raspodela boja. Kompjuterska vizija se danas koristi u mnogobrojnim aplikacijama koje se primenjuju u

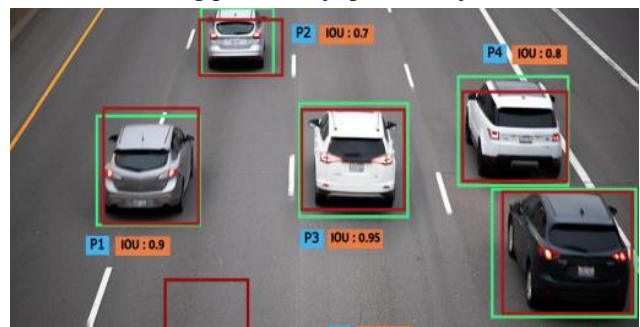
industriji, a to su: optičko prepoznavanje karaktera, medicina, autonomni automobili, 3D modelovanje, nadzor i slično. Zadaci kompjuerske vizije obuhvataju metode za akviziciju, obradu, analizu i razumevanje digitalnih slika i ekstrakciju osti se izdvajaju iz podataka slike.

- Detekcija/segmentacija – u nekom trenutku obrade donosi se odluka o tome koje tačke ili regioni slike su relevantni za dalju obradu.
- High-level procesiranje – u ovom koraku, ulaz je tipično mali skup podataka za koji se pretpostavlja da sadrži određeni objekat.
- Donošenje odluka – u ovom koraku se donose konačne odluke potrebne za aplikaciju.

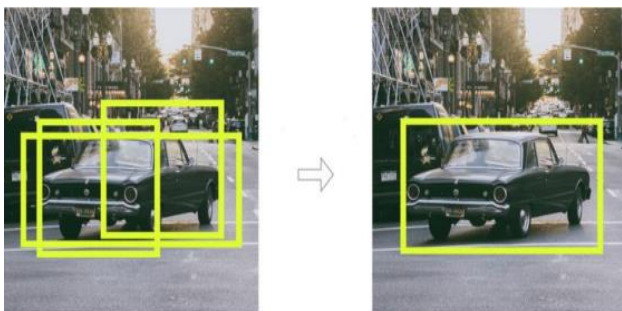
3.1. Detekcija objekta

Detekcija objekata u kompjuerskoj viziji je zadatak lociranja i identifikacije objekata na slikama ili video snimcima. Koraci u detektovanju objekata su:

1. Ekstrakcija karakteristika: odnosi se na proces transformacije neobrađenih podataka slike u skup značajnih karakteristika koje predstavljaju objekte koji se otkriju.
2. Generisanje predloga objekta: odnosi se na proces generisanja skupa regiona kandidata na slici koji će verovatno sadržati objekte.
3. Klasifikacija objekta: odnosi se na proces dodeljivanja oznake klase svakom od regiona kandidata, koji se generišu korakom generisanja predloga objekata. Cilj klasifikacije objekata je da se utvrdi koji od regiona kandidata zapravo sadrži objekte i da identifikuje kategoriju svakog objekta.
4. Lokalizacija objekta: odnosi se na proces određivanja precizne lokacije objekata unutar slike. Lokalizacija objekta prikazana je na slici 1.
5. Nemaksimalno potiskivanje: odnosi se na proces uklanjanja preklapajućih graničnih okvira koji odgovaraju istom objektu na slici. Detekcija pre i posle nemaksimalnog potiskivanja prikazana je na slici 2.



Slika 1. Lokalizacija objekta



Slika 2. Nemaksimalno potiskivanje

Tačnost detekcije objekata može se proceniti korišćenjem metrike kao što je srednja prosečna preciznost, koja meri prosečnu preciznost predviđanja za sve klase i sve instance u skupu testova.

3.2. Detektovanje lica

Detekcija lica je specifičan zadatak u okviru domena detekcije objekata. Uključuje otkrivanje lica na slici ili video snimku i njihovo lokalizovanje crtanjem graničnih okvira oko njih.

Algoritmi za detekciju lica obično koriste kombinaciju izdvajanja karakteristika, predloga objekata i klasifikaciju da identifikuju i lokalizuju lica na slici. Cilj detekcije lica jeste da pronade sva lica na slici i vrati njihove granične okvire, koji se zatim mogu koristiti za različite zadatke kao što su prepoznavanje lica, detekcija crta na licu i procena položaja glave.

Za detekciju lica korišćen je Histogram orijentisanih gradijenata. HOG radi tako što deli sliku na male ćelije i izračunava histograme orijentacije gradijenata unutar svake ćelije. Ovi histogrami se zatim spajaju da formiraju vektor karakteristika koji se može uneti u klasifikator mašinskog učenja kao što je SVM, da bi se donele odluke o detekciji objekta. Postoji nekoliko koraka prilikom izvršavanja ovog algoritma, a to su:

- Preprocesiranje slike
- Podela ćelija i blokova
- Izračunavanje gradijenata
- Normalizacija bloka
- Generisanje vektora karakteristika
- Detektovanje objekta

Preprocesiranjem slike izdvaja se robustan skup karakteristika koje se mogu koristiti za obuku klasifikatora. Podela ćelija se odnosi na podelu slike na mrežu malih ćelija, dok se podela blokova odnosi na grupisanje skupa susednih ćelija u veće blokove.

Izračunavanje gradijenata predstavlja najvažniji korak deskriptora HOG. Gradijent predstavlja prikaz promena intenziteta na slici koji pomaže u merenju promena slike i na osnovu oštih promena u nivoima intenziteta, detektuje se prisustvo ivice.

Normalizacija bloka uključuje normalizaciju histograma orijentacija gradijenata izračunatih za svaki blok ćelije na slici. Generisanje vektora karakteristika uključuje spajanje normalizovanih histograma orijentacija gradijenata izračunatih za svaki blok ćelija na slici da bi se formirao vektor karakteristika. HOG karakteristike se dalje koriste za donošenje odluka o detekciji objekata, kao što je određivanje prisustva i lokacije objekata od interesa u okviru slike ili video zapisa.

3.3. Prepoznavanje lica

Prepoznavanje lica je tehnologija koja omogućava računaru da identifikuje i verifikuje osobu sa digitalne slike ili video kadra iz video izvora. Uključuje otkrivanje i izdvajanje crta lica sa slike, a zatim upoređivanje tih karakteristika sa bazom podataka poznatih lica, kako bi se pronašlo podudaranje. Proces prepoznavanja lica se deli u nekoliko faza:

1. Detekcija lica: uključuje otkrivanje prisustva lica u okviru slike i lociranje njegovog položaja.
2. Ekstrakcija karakteristika: uključuje izdvajanje jedinstvenih i relevantnih informacija iz slike lica da bi se ono predstavilo kao kompaktni vektor karakteristika.
3. Poređenje: ova faza uključuje upoređivanje izdvojenih crta lica sa bazom podataka poznatih lica kako bi se pronašlo podudaranje.
4. Verifikacija i identifikacija: verifikacija lica je zadatak potvrđivanja identiteta lica upoređivanjem sa referentnim licem. Identifikacija uključuje određivanje identiteta lica koje se ispituje, upoređivanjem sa skupom lica iz baze podataka.

Najčešće korišćen algoritam za detekciju lica u realnom vremenu je *Haar Cascade*. Ovaj algoritam zasnovan je na konceptu *Haar* karakteristika, što su pravougaone karakteristike koje su osnovni gradivni blokovi *Haar Cascade* klasifikatora. Koriste se za predstavljanje lokalnog kontrasta slike i definišu se kao razlika u zbiru intenziteta piksela između dva susedna pravougaona regiona. Pravougaona karakteristika je definisana njenom veličinom, oblikom i lokacijom unutar slike. Kombinacija nekoliko pravougaonih karakteristika može otkriti obrasce kao što su uglovi i ivice. Jednostavna karakteristika kao što je pravougaoni region koji ima svetlo područje na levoj strani i tamno na desnoj, može otkriti ivice ili prelaze između svetlih i tamnih oblasti na slici upoređivanjem prosečnih intenziteta piksela dva regiona.

Koristeći veliki broj pravougaonih karakteristika i kombinujući ih na različite načine, klasifikator *Haar Cascade* može detektovati objekte sa visokom preciznošću, čak i u izazovnim uslovima kao što su različito osvetljenje, okluzija i delimična vidljivost. Kada je klasifikator obučan može se koristiti za detekciju objekata u realnom vremenu sa visokom preciznošću. U fazi detekcije, klasifikator se primenjuje na ulaznu sliku zajedno sa kliznim prozorom za detekciju. Tehnika kliznog prozora se koristi za traženje objekata od interesa na slici skeniranjem pravougaonog prozora fiksne veličine preko slike na različitim pozicijama i razmerama. Algoritam koristi nemaksimalno potiskivanje da bi uklonio prozore za detekciju koji se preklapaju i na izlazu daje skup otkrivenih lica.

4. ALGORITAM RADA

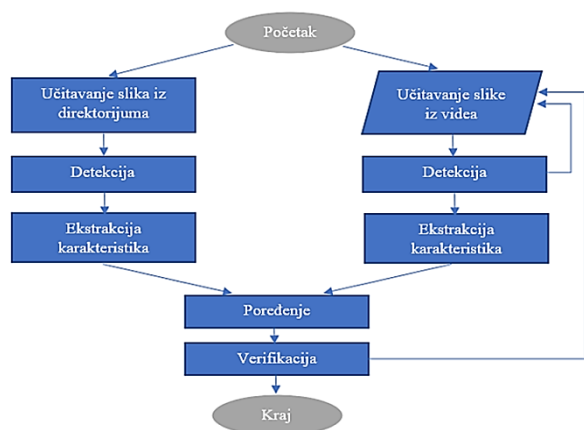
Detekcija i prepoznavanje lica su dva povezana, ali različita zadatka kompjuterske vizije. Detekcija lica podrazumeva otkrivanje i lokalizaciju u okviru slike ili video zapisa, dok prepoznavanje lica podrazumeva identifikaciju osobe na osnovu njenih crta lica. Detekcija lica sastoji se od: učitavanja slike, preprocesiranja, primene algoritma za detekciju, detekcije, crtanja graničnog okvira, ekstrakcije karakteristika i skladištenje u bazu podataka. U fazi repro-

cesiranja vrši se: promena veličine, skaliranje sive, izjednačavanje histograma, normalizacija i Gausovo zamućenje. Algoritam za detekciju lica obično vraća skup pravougaanih regiona na slici gde je detektovano lice.

Kada se lice detektuje, vrši se ekstrakcija karakteristika, gde se karakteristike lica pretvaraju u 128-dimenzionalni niz brojeva sa pokretnim zarezom i skladištenje tih vrednosti u bazu podataka.

Prepoznavanje lica započinje detekcijom u realnom vremenu, a zatim se iscrta granični okvir, ekstraktuju se karakteristike i skladište u 128-dimenzionalni vektor. Uz pomoć kNN klasifikatora vrši se klasifikacija da li je osoba detektovana u realnom vremenu ista osoba koja se treba prepoznati. Vektori se porede uz pomoć ugrađene funkcije `face_recognition.face_compare` iz *Python* biblioteke `face_recognition`.

Funkcija `face_recognition.face_compare` vraća niz logičkih vrednosti koje pokazuju da li se svaki kod osobe detektovane u realnom vremenu, poklapa sa kodom lica osobe čije se lice želi prepoznati. Ova funkcija vrši poređenje vektora koristeći Euklidsko rastojanje između njih, koje meri rastojanje između dve tačke u višedimenzionalnom prostoru. Celokupan algoritam prikazan je na dijagramu 3.



Dijagram 3: Algoritam prepoznavanja lica

5. ZAKLJUČAK

Detekcija i prepoznavanje lica su važne i korisne tehnologije u oblasti računarske vizije koje imaju mnogo primena, uključujući video nadzor, bezbednost, praćenje pokreta i druge.

Detekcija lica može se realizovati različitim metodama i tehnikama, kao što su detekcija crta lica, detekcija kontura lica, neuronske mreže i mašinsko učenje. Međutim, detekcija lica nije savršena i može biti izazovna u određenim situacijama, kao što su nedostatak svetla, oštećene slike ili varijacije u boji kože.

Jedna od glavnih ograničenja algoritma za detekciju lica HOG jeste to što je veoma zavisna od veličine, orijentacije i oblika objekta koji se detektuje. Dodatno, HOG može imati problema sa detekcijom objekata koji su visoko teksturirani ili imaju složenu pozadinu, jer to može ometati gradijente karakteristika od kojih algoritam zavisi.

Prepoznavanje lica je složen proces koji uključuje detekciju lica, izdvajanje karakteristika lica, stvaranje predstave lica i klasifikaciju. Izazovi sa kojima se prepoznavanje lica susreće uključuju nedostatak preciznosti u određenim situacijama, osetljivost na promene u okolini i mogućnost pogrešne identifikacije.

Algoritam korišćen za detekciju lica u realnom vremenu, *Haar Cascade*, predstavlja moćnu tehniku, ali jedno od glavnih ograničenja ovog algoritma jeste osetljivost na rotaciju i veličinu lica koje se detektuje. Takođe, algoritam može imati poteškoća u detekciji lica koja su delimično sakrivena, poput lica koja su delimično prekrivena rukom ili drugim objektima.

6. LITERATURA

- [1] Albalade, Amparo; Minker, Wolfgang, *Semi-Supervised and Unsupervised Machine Learning*, Wiley-ISTE, London, 2011. [PDF]
- [2] Albon, Chris, *Machine Learning with Python Cookbook*, O'Reilly Media, Inc, Sebastopol, 2018. [PDF]
- [3] Burkov, Andriy, *The Hundred Page Machine Learning Book*, Andriy Burkov, 2019. [PDF]
- [4] Buduma, Nikhil; Lacascio, Nicholas, *Fundamentals of Deep Learning*, O'Reilly Media, Inc., Sebastopol, 2017. [PDF]
- [5] Bousquet, Olivier; Ulrike von Luxburg; Ratsch, Gunnar, *Advanced Lectures on Machine Learning*, ML Summer Schools, Canberra, 2003. [PDF]
- [6] Cyganek, Boguslaw, *Object detection and recognition in digital images – Theory and practice*, A John Wiley & Sons Ltd., Hoboken, 2013. [PDF]
- [7] Davies, E. R., *Computer & Machine Vision – Theory, Algorithms, Practicalities 4th Edition*, Academic Press, Massachusetts, 2012. [PDF]
- [8] Dey, Sandipan, *Hands-On Image Processing with Python*, Packt Publishing, Birmingham, 2018. [PDF]
- [9] Elgendy, Mohamed, *Deep Learning for Vision Systems Version 6*, Manning Publications, New York, 2019. [PDF]

Kratka biografija:

Enisa Salihagić rođena je u Tutinu, 1996. godine. Diplomirala na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 2020. Godine iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroročunarska elektronika.

ПРЕПОЗНАВАЊЕ ПИСАНИХ ЈАПАНСКИХ СЛОВА УПОТРЕБОМ НЕУРОНСКИХ МРЕЖА**RECOGNITION OF JAPANESE HANDWRITTEN CHARACTERS USING NEURAL NETWORKS**

Марија Ђурчић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – СОФТВЕРСКО ИНЖЕЊЕРСТВО И ИНФОРМАЦИОНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

Кратак садржај – У овом раду описано је решавање проблема детекције и класификације писаних јапанских слова употребом конволуционих неуронских мрежа. Решење се састоји из три модула: модул за обраду података, модул за детекцију и модул за класификацију. Коришћена је једна конволуциона неуронска мрежа за детекцију и једна за класификацију слова. Класификација је рађена на различитим групама јапанских слова.

Кључне речи: неурноске мреже, спп, писана јапанска слова, детекција, класификација

Abstract- This paper describes solving the problem of detection and classification of written Japanese letters using convolutional neural networks. The solution consists of three modules: data processing module, detection module and classification module. One convolutional neural network was used for detection and one for letter classification. The classification was done on different groups of Japanese letters.

Keywords: neural networks, cnn, handwritten japanese characters, detection, classification

1. УВОД

Писани историјски документи представљају значајан део културног наслеђа једног народа. Аутоматска транскрипција оваквих докумената је од виталног значаја за стварање дигиталних библиотека, као и превођење тих докумената на савремени језик. Да бисмо слике писаних историјских докумената превели у дигиталне документе који би могли да постану доступни и разумљиви великом броју људи, и који би били погодни за претраживање, потребни су нам системи за транскрипцију од високе прецизности.

Кузушиђи (јап. 崩し字 – *kuzushiji*: „деформисани симболи“) је назив за курзивно јапанско писмо, односно ручно писана јапанска слова [1]. Овим писмом су писани многи историјски документи у Јапану, и оно се визуелно доста разликује од писма које се користи данас. С обзиром на то да мали број људи уме да чита кузушиђи, системи за превођење оваквих докумената на савремено јапанско писмо су од великог значаја.

НАПОМЕНА:

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

Решење представљено у овом раду анализира слике писаних јапанских текстова и ради детекцију сваког слова у тексту и класификацију појединачних слова употребом модела конволуционих неуронских мрежа. За евалуацију предложеног решења коришћене су мере тачности (*accuracy*) на обучавајућем и тестном скупу, као и F1 мера на тестном скупу података.

У поглављу 2. описани су скупови података који су коришћени у овом решењу. Архитектура предложеног решења описана је у поглављу 3. У поглављу 4. представљени су резултати. Поглавље 5. садржи закључак и сумаризацију целог рада.

2. СКУП ПОДАТАКА

Иницијални скуп података преузет је са адресе [2]. Овај скуп података је лабелиран и подељен на скупове за обучавање и тестирање. Садржи 3605 слика за обучавање и 1730 слика за тестирање. Свака слика представља скенирану папирну страницу која садржи неки текст написан курзивним јапанским словима, а неке странице садрже и илустрације (Слика 1). Скуп података садржи и CSV фајлове са лабелама за сваку слику, које садрже назив слике, координате, висину, ширину и ознаку *Unicode* карактера за свако слово са слике.



Слика 1. Примери слика из скупа података

Овај скуп података је прошао обраду која је описана у поглављу за претпроцесирање. Од добијеног скупа су касније, уз додатне модификације креирани различити скупови података за сваки модул овог пројекта и за различите експерименте.

2.1. Скуп података за детекцију

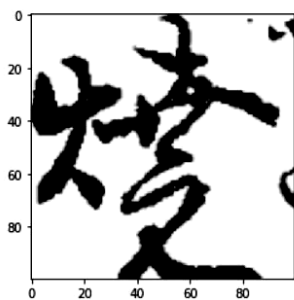
За детекцију су коришћене слике целих страница из претходно описаног скупа, али су, због ограничења меморије при обучавању, додатно смањене са димензија 1933×1146 на димензије 1000×593 . Ове слике су сачуване као нови скуп података, уз лабеле које су модификоване тако да одговарају новим димензијама слика. Улазне слике модела за детекцију изгледају као примери на Слика 2.



Слика 2. Примери слика након претпроцесирања

2.2. Скуп података за класификацију

Из скупа података који је прошао кроз претпроцесирање описано у поглављу издвајају се слике појединачних слова исечањем слика страница на основу података за граничне оквири у фајлу са апликацијама. Све исечене слике се пребацују на величину од 100×100 (Слика 3).



Слика 3. Пример улазне слике за класификатор

На овај начин је добијен нови скуп података који садржи слике појединачних слова и лабеле које садрже ознаке по једног Unicode карактера за сваку слику.

У овом скупу постоји 1400 различитих слова и симбола. Због превелике количине података, меморије и времена које је потребно за обучавање, модел за класификацију није обучаван на целом скупу. Уместо тога је издвојено четири подскупа над којима је обучаван и евалуиран модел. Један од ових подскупова добијен је издвајањем слова која су најзаступљенија у скупу података. Остала три подскупа добијена су издвајањем слова која припадају различитим групама слова у јапанском језику. Издвајање ових подскупова и обучавање модела детаљније су описани у експериментима 2, 3, 4 и 5.

3. МЕТОДОЛОГИЈА

Систем је имплементиран у три модула: модул за претпроцесирање, модул за детекцију и модул за класификацију.

3.1. Претпроцесирање

Пре употребе скупа података примењени су одређени кораци претпроцесирања. За обраду слике коришћена је OpenCV библиотека. Свака слика је прво конвертована из BGR у RGB формат. Висина и ширина су промењене тако да све слике буду истих димензија. Приликом промене димензија слика, измењене су вредности за граничне оквири у фајлу са апликацијама тако да одговарају новим димензијама слика. Затим је одрађено конвертовање слике у нијансе сиве, односно grayscale. На сваку слику threshold, коришћењем Otsu методе за проналажење прага. На Слика 1 су примери слика из почетног скупа података, а на Слика 2 може се видети како изгледају исте те слике након што су прошле кроз претпроцесирање.

3.2. Модул за детекцију

Задатак модула за детекцију јесте да нађе сва јапанска слова која се налазе на некој улазној слици, односно да одреди њихове граничне оквири. Због великог броја различитих слова која се могу појавити на слици, модул за детекцију је направљен тако да препознаје само да ли се на слици налази слово и да одреди граничне оквири, али не и врсту тог слова. Због тога за овај модел постоји само једна класа на излазу.

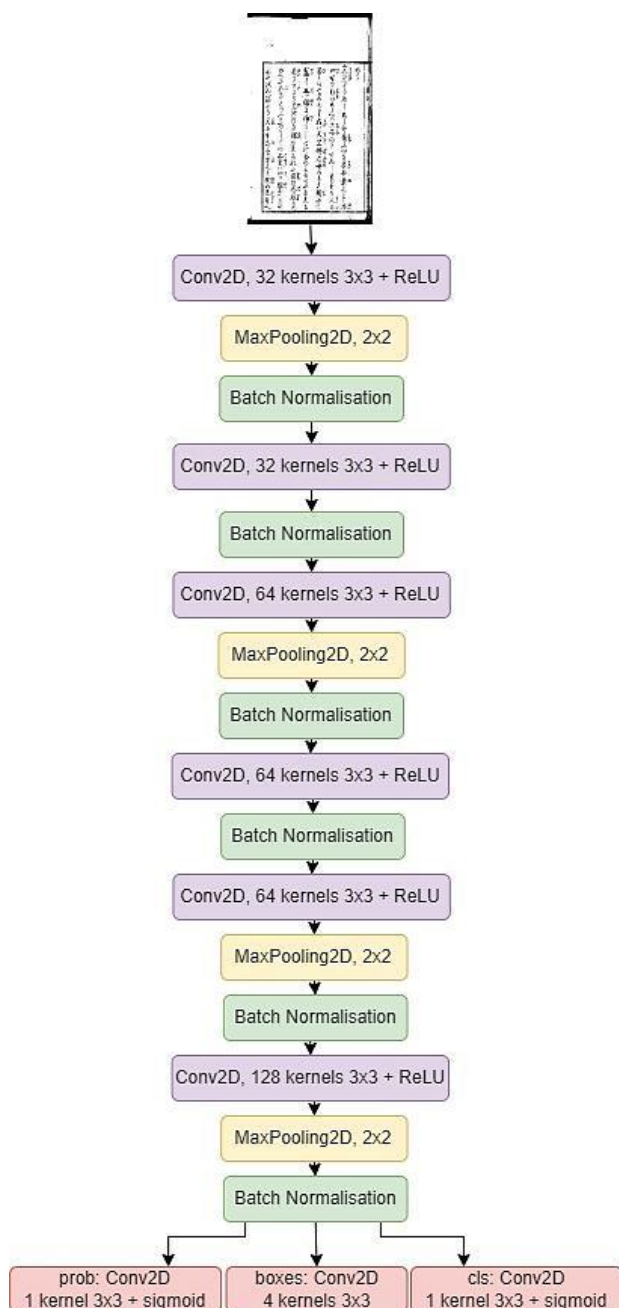
За детекцију је коришћен модел конволуционе неуронске мреже, чија је архитектура приказана на Слика 4. Ова архитектура је креирана по угледу на модел за детекцију писаних цифара [3], уз неке измене.

Модел садржи 9 конволуционих слојева, од којих су први, трећи, пети и шести праћени по једним MaxPooling слојем, а између сваког блока је коришћена batch нормализација. Последња три конволуциона слоја служе за одређивање вероватноће, класе и граничних оквири, и њиховом конкатенацијом се добија излаз из мреже. Конволуциони слојеви за вероватноћу и класу користе Sigmoid активациону функцију, док сви унутрашњи конволуциони слојеви користе ReLU активациону функцију.

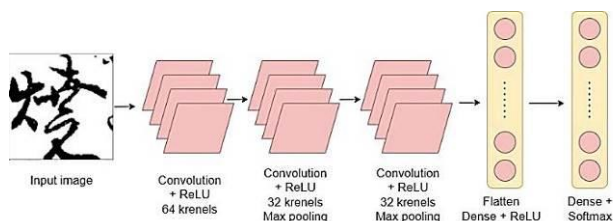
Функција губитка binary cross-entropy је примењена за одређивање вероватноће, а mean squared error за одређивање граничних оквири.

3.3. Модул за класификацију

Задатак модула за класификацију је да свакој слици на додели једну класу која представља неко јапанско слово. Улазни податак представља слика димензија 100×100 на којој се налази једно писано јапанско слово. Као класификатор коришћена је конволуциона неуронска мрежа чија је архитектура приказана на Слика 5.



Слика 4. Структура модели CNN за детекцију



Слика 5. Структура модели CNN за класификацију

Први слој мреже је конволуциони слој са 64 кернела димензија 3×3 . После њега следе два блока који се састоје из једног конволуционог слоја са 32 кернела, сажимајућег слоја који примењује *max pooling* технику са кернелом димензије 2×2 , и *dropout* регуларизације од 0.4. Сви конволуциони слојеви примењују *ReLU* активациону функцију. Између ових слојева је примењивана *Batch* нормализација. Затим следи слој за поравнање и потпуно повезани слој са *ReLU*

активационом функцијом. Излазни слој је *softmax*, а број класа се мењао у зависности од експеримента и скупа података. Функција губитка помоћу које је модел оптимизован је *categorical cross-entropy*.

4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Модел за детекцију обучаван је у 30 епоха. Обучавајући скуп је чинио 80%, а валидациони скуп 10% целокупног скупа података за детекцију. За валидацију модели коришћена је метрика тачност (*accuracy*). Број епоха и подела скупа података утврђени су експериментално. Након обучавања, модел је евалуиран на тестном скупу, који је креиран применом *random* узорковања и чини 10% целокупног скупа података.

Модел за класификацију обучаван је на четири различита подскупа скупа података за класификацију. Први подскуп су чиниле слике слова која се појављују 300 или више пута. Други подскуп чине само слова која припадају хирагани, а трећи слова која припадају катакани. Четврти подскуп чине канџи симболи. Сва четири подскупа за класификацију су подељена на исти начин: 80% скупа је коришћено за обучавање, 10% за валидацију и 10% за тестирање. Скуп за тестирање креиран је применом *stratified* узорковања. Модел за класификацију је на свим скуповима обучаван у 20 епоха.

Табела 1 представља резултате тачности на скуповима за обучавање и тестирање за детекцију и класификацију.

Табела 1. Резултати

Експеримент	Обучавање	Тест
Детекција	0.97	0.96
Класификација најзаступљенијих	0.99	0.94
Класификација хирагана	0.96	0.93
Класификација катакана	0.99	0.94
Класификација канџија	0.99	0.95

За експерименте класификације на изолованим групама слова (катакана, хирагана и канџи) одређене су F1 мере по класама на тестном скупу и макро F мера. У

Табела 2У Табели 2. приказане су неке од класа хирагана и њихове F1 мере, као и заступљеност тих класа у тестном скупу. Из Табеле 2. можемо приметити да су подаци прилично неизбалансиран, што се одражава и на њихове вредности за F1 меру. Макро F1 мера за хирагану износила је 0,86.

Табела 2. F1 мера по класама за хирагану

Класа	F1 мера	Заступљеност
い	0.96	415
が	0.92	272
ぼ	0.83	27
ぱ	0.25	4
を	0.98	762

У Табели 3. приказане су неке од класа катакана, њихове F1 мере и заступљеност у тестном скупу.

Док су и овде подаци неизбалансирани, скуп података у овом експерименту био је знатно мањи од скупа за хирагану, а самим тим су и разлике у заступљености различитих класа у тестном скупу мање. Макро F1 мера је износила само 0,63, што је знатно лошији резултат у односу на хирагану. Ово је последица тога што су многе класе за F1 меру имале вредност 0.

Табела 3. F1 мера по класама за катакану

Класа	F1 мера	Заступљеност
ア	0.98	72
イ	0.93	24
シ	0.66	1
ツ	0.92	19
リ	0.75	4

У Табели 4. приказане су неке од класа из канџи скупа, њихове F1 мере и заступљеност у тестном скупу. Без обзира на многобројност и већу комплексност канџија у односу на хирагану и катакану, овај експеримент је имао најбољу тачност на тестирању од свих експерименталних класификација. За разлику од хирагане и катакане, скуп канџија је био боље избалансиран, што се може видети по заступљености података у тестном скупу. Такође можемо приметити да све класе имају приближно високе вредности за F1 мере и нема великих одступања. Макро F1 мера износила је 0,93.

Табела 4. F1 мера по класама за канџи

Класа	F1 мера	Заступљеност
三	0.95	64
上	0.94	59
大	0.92	65
太	0.86	25
屋	0.98	27

Задатак детекције слова у овом раду био је олакшан, тако да се одређује само позиција слова, односно гранични оквири, без одређивања врсте слова које је детектовано. Због овога је било могуће користити једноставнију архитектуру неуронске мреже, која није претходно обучавана.

Проблем код класификације хирагане и катакане била је неизбалансираност података, али су, без обзира на то, постигнути добри резултати код тачности у свим експериментима.

5. ЗАКЉУЧАК

У овом раду представљене су методе детекције и класификације писаних јапанских слова. Решење је подељено на модул за обраду слика, модул за детекцију и модул за класификацију слова и знакова.

Модел за детекцију обучаван је на сликама целих страница исписаних курзивним јапанским писмом, а модел за класификацију обучаван је на сликама изолованих слова које су добијене исецањем страница из првобитног скупа. Модел за класификацију обучаван је на четири различита подскупа од датог скупа података и анализирани су резултати класификације за различите групе јапанских слова.

У овом раду класификатор је обучаван на различитим групама класа (слова и знакова) одвојено. На скупу са хираганом је обучен за 71 слово, са катаканом је обучен за 50 слова, а на канџи скуп је обучен за 103 слова. На мешовитом скупу, односно скупу у којем се појављују све врсте слова, класификатор је обучен тако да препознаје 59 слова. Скуп података који је представљен у раду довољно је обиман да се ово решење прошири на већи број класа.

На основу добијених резултата, показало се да се уз довољан број примерака у скупу података може постићи задовољавајућа прецизност у препознавању различитих врста слова и карактера у курзивном јапанском писму. Проблем неизбалансираности података, који је био присутан код класификације, могао би се лако превазићи проширивањем скупа исецањем још изолованих слова из слика страница које нису биле искоришћене у скупу података или аугментацијом података.

Модул за детекцију би се могао унапредити тако да осим детекције слова, препознаје и класу, тј врсту тог слова. Ово би се могло постићи коришћењем сложенијих и претренираних модела за детекцију, као што су YOLO и R-CNN.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Introduction to kuzushiji 崩し字: <http://naruhodo.weebly.com/blog/introduction-to-kuzushiji>, приступљено у марту 2023.
- [2] Kuzushiji Recognition: <https://www.kaggle.com/competitions/kuzushiji-recognition/data>, приступљено у марту 2023.
- [3] <https://tree.rocks/a-simple-way-to-understand-and-implement-object-detection-from-scratch-by-pure-cnn-36cc28143ca8>, приступљено у марту 2023.

Кратка биографија:



Марија Турчић рођена је у Новом Саду 1999. године. Дипломирала је на Факултету техничких наука у Новом Саду 2021. године и исте године уписала мастер студије на Факултету техничких наука, смер Софтверско инжењерство и информационе технологије – интелигентни системи.

**VERIFIKACIJA PRORAČUNA ZA DETEKCIJU I IDENTIFIKACIJU LOŠIH
TELEMETRISANIH MERENJA U PRENOSNO-PROIZVODNIM MREŽAMA****CALCULATION VERIFICATION OF BAD DATA DETECTION AND IDENTIFICATION
IN TRANSMISSION NETWORKS**

Aleksandra Spasić, Luka Strezoski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su opisane teorijske osnove proračuna statičke estimacije stanja, zatim detekcije i identifikacije loših merenja za prenosno-proizvodne mreže. Urađena je verifikacija proračuna na mreži sa šest čvorova. Konačan cilj rada je da se detektuju sva loša merenja koja se javljaju usled starenja klase tačnosti mernih uređaja, pojave šumova prilikom prenosa mernih signala u dispečerski centar itd.

Ključne reči: Estimacija stanja, Prenos, Telemetrisana merenja, Detekcija loših merenja

Abstract – This paper presents the theoretical bases of static state estimation, bad data detection and identification for transmission networks. Calculation verification was done on a network with six nodes. The final goal of the paper is to detect all bad measurements that occur in the network due to the aging of the measuring devices, the appearance of noises during the transmission of the measurement signals to the dispatch centre, etc.

Keywords: State estimation, Transmission, Telemetered measurements, Bad data detection

1. UVOD

U radu sa elektroenergetskim sistemom (EES-om), osnovni zahtev koji se stavlja pred dispečera jeste poznavanje aktuelnog režima sistema. Cilj estimacije stanja je odrediti najbolju procenu stanja EES-a u zadatom trenutku [1]. To znači da glavni cilj nije dobijanje vrlo „tačne“, već u datom trenutku „najbolje“ procene promenljivih stanja, čak i kada su merenja jako poremećena. Ovo omogućava pouzdanu bazu podataka za upravljanje i eksploataciju EES-a. Implementacija estimatora stanja predstavlja postupak koji omogućava obradu informacija iz EES-a u realnom vremenu.

Procena stanja se vrši na osnovu ulaznih podataka o topologiji mreži, kataloškim podacima elemenata i telemetrisanim merenjima. Da bi procena stanja sistema bila što preciznija potrebno je eliminisati sva loša merenja koja utiču na kvalitet proračuna [1, 2].

Loša merenja se u prenosnoj mreži mogu javiti usled starenja klase tačnosti mernih uređaja, kvarova komunikacionih linkova koji prenose merne signale, pojave šumova prilikom prenosa mernih signala do udaljenih terminalnih

jedinica (eng. *Remote Terminal Units*) pa do dispečerskih centara i čak pri samoj sinhronizaciji svih merenja koja stižu u dispečerske centre u bliskim, ali različitim vremenskim trenucima [3].

U ovom radu je urađen proračun statičke estimacije stanja i detekcije i identifikacije loših merenja, u prenosnoj mreži, na test mreži od 6 čvorova u programskom jeziku c++ i razvojnom okruženju Microsoft Visual Studio 2017 [4], a rezultati analize su prikazani tabelarno.

2. TIPOVI MERENJA

Sva merenja koja se koriste u estimaciji stanja mogu se klasifikovati u 3 grupe [1]:

- analogna merenja,
- pseudo-merenja,
- virtuelna merenja

Analogna merenja su merenja koja se dobijaju sa SCADA sistema. Ova merenja se u realnom vremenu prikupljaju sa terenskih mernih uređaja i šalju u centre upravljanja. Pseudo-merenja su pretpostavljene ili arhivske vrednosti nekih veličina, koja se temelje na iskustvu operatora ili prognozi opterećenja u pojedinim čvorovima koji nisu pokriveni mernim uređajima. Često služe da bi se neobservabilni delovi mreže učinili observabilnim. Virtuelna merenja nisu stvarna merenja, ali njihova vrednost je poznata u svakom trenutku sa velikom sigurnošću. Ta merenja se odnose na merenja injektiranja u prolaznim čvorovima.

Merenja koja se koriste u proračunu statičke estimacije stanja su merenja tokova aktivnih i reaktivnih snaga po granama, merenja modula tokova struja grana, merenja injektiranih aktivnih i reaktivnih snaga čvorova i merenja modula napona čvorova:

$$\mathbf{z} = [\mathbf{P}_l^T \mathbf{Q}_l^T \mathbf{I}_l^T \mathbf{P}^T \mathbf{Q}^T \mathbf{V}^T] \quad (1)$$

Vektor merenja ($\mathbf{z}$) povezan je sa vektorom promenljivih stanja preko sledeće relacije:

$$\mathbf{z} = \mathbf{h}(\mathbf{x}) + \mathbf{e} \quad (2)$$

gde su:

$\mathbf{h}(\mathbf{x})$ – M -dimenzioni vektor estimiranih vrednosti merenja,

$\mathbf{x}$ – n -dimenzioni vektor promenljivih stanja,

$\mathbf{e}$ – M -dimenzioni slučajni vektor grešaka merenja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Luka Strezoski.

3. PRORAČUN STATIČKE ESTIMACIJE

Za proračun estimacije korišćen je metod sume minimuma otežanih kvadrata odstupanja (eng. *Weighted Least Square*) [1, 3]. U ovom delu je prikazan dijagram statičke estimacije stanja na kojem su prikazani svi delovi proračuna. Takođe dat je i pregled modela koji je formiran koristeći pomenuti algoritam.

3.1. Formulacija modela statičke estimacije

Metodom minimima sume otežanih kvadrata odstupanja se minimizuje razlika merenih i estimiranih vrednosti veličina. Kriterijumska funkcija je definisana jednačinom 3 [1]. Na osnovu σ_m se određuje težinski faktor merenja koji predstavlja meru pouzdanosti tog merenja. Merenja čiji merni uređaji imaju bolju klasu tačnosti imaju manju varijansu, a veći težinski faktor.

$$\min\{J(x) = \sum_{m=1}^M \frac{(z_m - h_m(x))^2}{\sigma_m^2}\} \quad (3)$$

gde je:

$J(x)$ - vrednost kriterijumske funkcije,

σ_m -varijansa merenja,

M -ukupan broj merenja,

m -tekuće razmatrano merenje.

U jednačini 3 razlika vrednosti merene i estimirane vrednosti merenja se naziva rezidualom merenja ($r = z - h(x)$). Traženjem minimuma optimizacionog kriterijuma i linearizacijom svih funkcija $h(x)$ dolazi se do linearnog modela statičke estimacije:

$$H(x^k)^T R^{-1} H(x^k) \Delta x^k = H(x^k)^T R^{-1} \Delta z^k \quad (4)$$

$$x^{k+1} = x^k + \Delta x^k$$

gde su:

$H(x^k)$ -matrica Jakobijana u tekućoj iteraciji,

R^{-1} -matrica težinskih faktora,

Δx^k -vektor korekcija u tekućoj iteraciji,

Δz^k -vektor reziduala u tekućoj iteraciji,

x^{k+1} -naredna aproksimacija rešenja.

3.2. Opšti dijagram statičke estimacije stanja

Kompletnan proces statičke estimacije stanja u proizvodno-prenosnoj mreži se sastoji iz šest koraka [3] prikazanih na slici 1. Na toj slici su crvenom bojom uokvireni delovi algoritma koji se razmatraju u ovom radu. Ostatak algoritma su dodatne analize koje kompletiraju proračun i omogućavaju da izlaz iz ovog proračuna bude pouzdan i konzistentan.

Na slici su korišćene sledeće oznake:

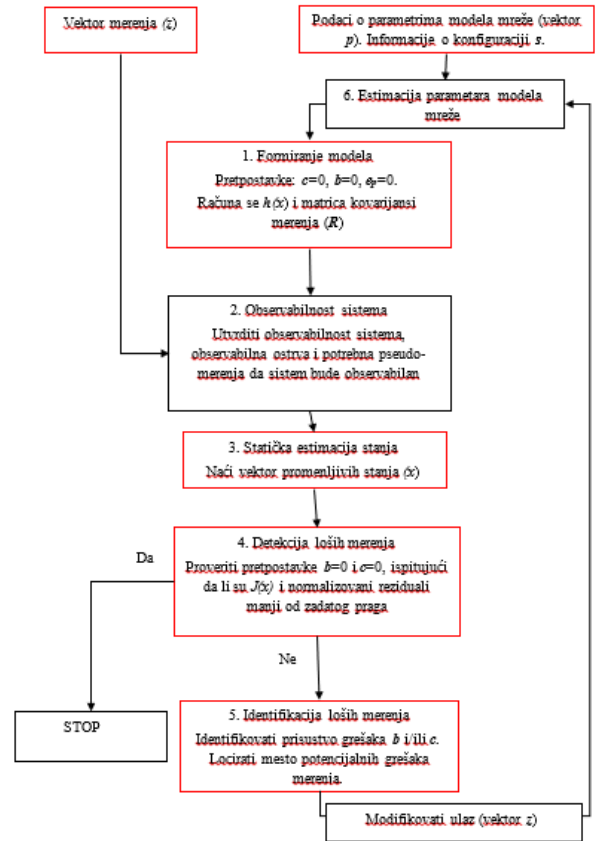
c - vektor grešaka u konfiguraciji mreže,

b - vektor grešaka u vrednostima merenja iz EESA,

e_p - vektor grešaka u vrednostima parametara modela mreže,

p - vektor parametara modela mreže,

s - vektor informacija o konfiguraciji EESA.



Slika 1. Kompletan opšti dijagram toka statičke estimacije stanja [1]

Na slici 1 se vidi da je neophodno prvo uraditi proračun statičke estimacije, a tek onda uraditi detekciju pa identifikaciju loših merenja.

4. DETEKCIJA I IDENTIFIKACIJA LOŠIH MERENJA

Pretpostavka, koja se usvaja u fazi formiranja modela, da nema pogrešnih merenja ($b = 0$) u ovom delu se ispituje.

4.1. Algoritam detekcije loših merenja

Detekcija loših merenja se sprovodi kroz dva testa [1, 2].

Test 1 - Poređenje optimizacionog kriterijuma ($J(x)$) sa zadatim pragom (α). U slučaju da je vrednost kriterijumske funkcije koja se dobije iz statičke estimacije stanja manja od praga, test je zadovoljen:

$$J(x) < \alpha \quad (5)$$

$$\alpha = M - n - s + \lambda \sqrt{2(M - n - s)}$$

gde su:

λ -parametar (standardna vrednost je $\lambda=3$),

$M-n-s$ -broj stepeni slobode,

s -broj eliminisanih merenja.

Test 2- Poređenje normalizovanih reziduala merenja (r_{Nm}) sa odgovarajućim pragovima (β_m).

$$r_{Nm} < \beta_m, m = 1, 2, \dots, M \quad (6)$$

Da bi mogao da se sprovede drugi test potrebno je prvo preračunati normalizovane rezidualne:

$$r_{Nm} = \frac{|r_m|}{\sigma_m \sqrt{S_{mm}}}, m = 1, 2, \dots, M \quad (7)$$

gde se prag poređenja definiše kao:

$$\beta_m = N_{(1-\frac{\alpha}{2})^{max}} \frac{\sqrt{A_{mm}}}{\sigma_m} \quad (8)$$

gde je:

σ_m^2 - varijansa m-tog merenja,

$N_{(1-\frac{\alpha}{2})^{max}}$ - tipična vrednost je 3,

A_{mm} - dijagonalni element matrice kovarijansi estimiranih reziduala.

Da bi se došlo do dijagonalnih elemenata matrice kovarijansi koristi se LDU faktORIZACIJA matrice pojačanja u cilju izbegavanja inverzije pomenute matrice. Time matrica pojačanja postaje $G = LDU$, a pošto je matrica G simetrična, $G = LDL^T$.

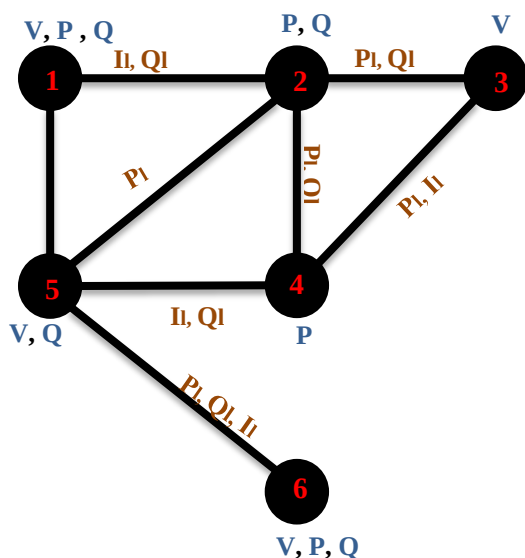
4.2. Algoritam identifikacije loših merenja

Ako se u prethodnom koraku detekcije loših merenja identifikuje prisustvo pogrešnih podataka, prelazi se na identifikaciju loših merenja što je moguće uraditi raznim metodama. Metoda koja se koristi u ovom radu je metoda sukcesivnih eliminacija [1].

U ovom metodu se vrši eliminacija jednog merenja čiji normalizovani rezidual najviše odstupa od odgovarajućeg praga. Nakon toga se ponovo pokreće statička estimacija stanja pa onda detekcija loših merenja. U slučaju da loša merenja i dalje postoje to će pokazati testovi kriterijumske funkcije i normalizovanih reziduala. Padom bar jednog od ova dva testa ponovo se eliminiše merenje sa najvećim odstupanjem i pokreće estimacija stanja. Ovaj proces se nastavlja sve dok se ne zadovolje oba testa.

5. VERIFIKACIJA DETEKCIJE I IDENTIFIKACIJE LOŠIH MERENJA

U ovom delu je izvršena verifikacija rešenja tako što je proračun pokrenut na mreži sa 6 čvorova sa slike 2.



Slika 2. Test mreža sa prikazanom topologijom i ulaznim skupom merenja

Merenja su dobijena proračunom tokova snaga [5] i kao takva se smatraju apsolutno tačnim. Prvo se analizira slučaj kada nema zašumljenih merenja, a zatim slučaj kada je zašumljeno po jedno merenje iz svake grupe merenja.

Ukupan broj merenja je 26 u mreži i ona su prikazana u tabeli 1.

Tabela 1. Dostupna merenja u mreži

Čvor 1	Čvor 2	Tip merenja	Vrednost merenja [r.j.]	Tež. faktor
1	1	P_i	1.037	1000
1	1	Q_i	0.288	1000
1	1	V_i	1.062	2500
1	2	Q_l	0.196	1000
1	2	I_l	0.766	800
2	2	P_i	-0.039	1000
2	2	Q_i	-0.010	1000
2	3	P_l	0.467	1000
2	3	Q_l	0.122	1000
2	4	P_l	0.194	1000
2	4	Q_l	0.042	1000
2	5	P_l	0.068	1000
3	3	V_i	0.994	2500
3	4	P_l	-0.322	1000
3	4	I_l	0.325	800
4	4	P_i	-0.385	1000
4	5	Q_l	-0.058	1000
4	5	I_l	0.516	800
5	5	Q_i	-0.087	1000
5	5	V_i	1.028	2500
5	6	P_l	0.048	1000
5	6	Q_l	-0.014	1000
5	6	I_l	0.049	800
6	6	P_i	-0.048	1000
6	6	Q_i	0.010	1000
6	6	V_i	1.031	2500

Redundansa sistema iznosi $26/11=2.36$, što odgovara vrednosti redundanse u realnoj prenosnoj mreži (1.8-2.8) [1]. Težinski faktori treba da oslikavaju koliko se veruje u određeno merenje. Parametri modela elemenata su prikazani u tabeli 2 [6].

Tabela 2. Parametri modela elemenata mreže [6]

Čvor 1	Čvor 2	Tip	r [r.j.]	x [r.j.]	b [r.j.]	g [r.j.]
1	2	vod	0.0194	0.0591	0.0264	0
1	5	vod	0.0540	0.2230	0.0204	0
2	3	vod	0.0469	0.1980	0.0184	0
2	4	vod	0.0581	0.1763	0.0042	0
2	5	vod	0.0569	0.1739	0.0209	0
3	4	vod	0.0670	0.1710	0.0187	0
4	5	vod	0.0133	0.0421	0.0045	0
5	6	vod	0.0000	0.2520	0.0045	0

5.1. Slučaj bez loših merenja

U ovom slučaju sva merenja su dobijena proračunom tokova snaga i smatraju se apsolutno tačnim.

Proračunom estimacije stanja izračunato je da je vrednost $J(x)=0.0263$, a proračunom praga optimizacionog kriterijuma (α) dobijena je vrednost 31.4317. Kako je $0.0263 < 31.4317$, prvi test detekcije je zadovoljen.

Proračunato je 26 normalizovanih reziduala, po izrazu 7, i dobijene su vrednosti u opsegu $[18 \times 10^{-5}, 15.8 \times 10^{-2}]$. Proračunato je 26 vrednosti koje odgovaraju pragovima β_m i dobijene su vrednosti u opsegu $[1.36, 2.86]$. Iz ovoga se zaključuje da je i drugi test zadovoljen i samim tim se zaključuje da ne postoje loša merenja. Ovakav rezultat je očekivan jer merenja nisu zašumljena.

5.2. Postoji po jedno loše merenje za svaki tip merenja

U ovom primeru će merenja prikazana u tabeli 3 da budu poremećena. Skup merenja ostaje isti kao u delu 5.1, samo se menjaju vrednosti iz tabele 3.

Tabela 3. Vrednosti merenja nakon zašumljenja

Merenje	Tačna vrednost [r.j.]	Poremećena vrednost [r.j.]
V_6	1.031	1.300
P_4	-0.385	-0.900
Q_1	0.288	1.500
P_{24}	0.194	0.900
Q_{12}	0.196	0.700
I_{56}	0.049	0.400

Prva iteracija:

Test 1 - $J = 973.56$ dok je $\alpha = 31.43$, pošto je $J > \alpha$, prvi test nije zadovoljen.

Test 2 - Ukupno 21 merenje ne zadovoljava uslov da je $r_n < \beta_n$ od kojih se najveće odstupanje dobija za merenje P_{24} za koje je $r_n = 18.995$ a $\beta_n = 2.853$. Merenje P_{24} se izbacuje iz skupa merenja i nastavlja se sa sledećom iteracijom.

Druga iteracija:

Test 1 - $J = 609.37$ dok je $\alpha = 29.87$, pošto je $J > \alpha$, prvi test nije zadovoljen.

Test 2 - Ukupno 14 merenja ne zadovoljavaju uslov da je $r_n < \beta_n$ od kojih se najveće odstupanje dobija za merenje Q_1 za koje je $r_n = 15.70$ a $\beta_n = 1.97$. Merenje Q_1 se izbacuje iz skupa merenja i nastavlja se sa sledećom iteracijom.

Treća iteracija:

Test 1 - $J = 362.12$ dok je $\alpha = 28.30$, pošto je $J > \alpha$, prvi test nije zadovoljen.

Test 2 - Ukupno 19 merenja ne zadovoljavaju uslov da je $r_n < \beta_n$ od kojih se najveće odstupanje dobija za merenje V_6 za koje je $r_n = 10.97$ a $\beta_n = 2.54$. Merenje V_6 se izbacuje iz skupa merenja i nastavlja se sa sledećom iteracijom.

Četvrta iteracija:

Test 1 - $J = 237.58$ dok je $\alpha = 26.70$, pošto je $J > \alpha$, prvi test nije zadovoljen.

Test 2 - Ukupno 12 merenja ne zadovoljavaju uslov da je $r_n < \beta_n$ od kojih se najveće odstupanje dobija za merenje Q_{12} za koje je $r_n = 8.70$ a $\beta_n = 1.77$. Merenje Q_{12} se izbacuje iz skupa merenja i nastavlja se sa sledećom iteracijom.

Peta iteracija:

Test 1 - $J = 162.40$ dok je $\alpha = 25.07$, pošto je $J > \alpha$, prvi test nije zadovoljen.

Test 2 - Ukupno 8 merenja ne zadovoljavaju uslov da je $r_n < \beta_n$ od kojih se najveće odstupanje dobija za merenje P_4 za koje je $r_n = 8.51$ a $\beta_n = 1.68$. Merenje P_4 se izbacuje iz skupa merenja i nastavlja se sa sledećom iteracijom.

Šesta iteracija:

Test 1 - $J = 88.34$ dok je $\alpha = 23.42$, pošto je $J > \alpha$, prvi test nije zadovoljen.

Test 2 - Samo 1 merenje ne zadovoljava uslov da je $r_n < \beta_n$ i to merenje I_{56} za koje je $r_n = 9.40$ a $\beta_n = 2.98$. Merenje I_{56} se izbacuje iz skupa merenja i nastavlja se sa sledećom iteracijom.

Sedma iteracija:

Test 1 - $J = 0.023$ dok je $\alpha = 21.73$, pošto je $J < \alpha$, prvi test je zadovoljen.

Test 2 - Sva merenja zadovoljavaju uslov da je $r_n < \beta_n$. Kraj iterativnog postupka.

Na osnovu prikazanih rezultata, jasno se vidi da je proračun uspeo da detektuje svih šest merenja i izbaci ih iz skupa merenja. Na kraju proračuna skup merenja čini 20, umesto početnih 26, merenja.

6. ZAKLJUČAK

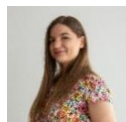
Statička estimacija stanja predstavlja osnovnu funkciju za eksploataciju i upravljanje EES-om. Samim tim da bi se omogućilo pravilno funkcionisanje ovog proračuna potrebno je eliminisati sva merenja koja narušavaju kvalitet proračuna.

U radu je korišten WLS algoritam za rešavanje statičke estimacije stanja. Na raspolaganju su merenja napona, injeckiranja aktivnih i reaktivnih snaga, tokovi aktivnih i reaktivnih snaga i struja u sekciji. Za detekciju i identifikaciju loših merenja je korišten metod sukcesivnih eliminacija i prikazano je da ovaj metod precizno određuje postojanje loših merenja, a potom ih identifikuje i odbacuje. Mana proračuna je neoptimalan dolazak do konačnog rešenja jer se odbacivanjem merenja narušava struktura matrice Jakobijana.

7. LITERATURA

- [1] A.T.Sarić, M.S.Čalović: *Statička estimacija stanja u elektroenergetskim sistema*, Tehnički fakultet Čačak, Kraljevo 2008.
- [2] A.Monticelli: *State estimation in electric power systems, a generalized approach*, University of Campinas, Norwell, Massachusetts U.S.A, 1999.
- [3] G.Švenda: *Specijalizovani softveri u elektroenergetici*, materijali sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2020.
- [4] <https://visualstudio.microsoft.com/vs/older-downloads/>
- [5] V.Strezoski: *Osnovni proračuni elektroenergetskih sistema II*, skripta, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2011.
- [6] https://www.pscad.com/knowledge-base/download/ieee_14_bus_technical_note.pdf

Kratka biografija:



Aleksandra Spasić rođena je u Novom Sadu 1998. god. Osnovne studije na Fakultetu tehničkih nauka na odseku elektroenergetski sistemi završila je 2021. godine.

kontakt: aspasic998@gmail.com



Dr. Luka Strezoski rođen je u Novom Sadu 1990. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2017. god., a od 2020 je izabran za šefa katedre. Oblast interesovanja su elektroenergetski sistemi.

**SIMULACIJA TT SAOBRAĆAJA I ANALIZA PERFORMANSI ČVORA BAZIRANOG
NA NAMJENSKOJ FPGA PLATFORMI U ETHERNET MREŽI****SIMULATION OF TT TRAFFIC AND PERFORMANCE ANALYSIS OF A NODE BASED
ON A SPECIFIC FPGA PLATFORM IN THE ETHERNET NETWORK**

Dejan Milojica, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – RAČUNARSTVO I AUTOMATIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu su opisane karakteristike Time-Triggered (TT) Ethernet saobraćaja koji se koristi za komunikaciju između jednog master, i više slejv (eng. slave) kontrolera u mreži. Pristup slejva u mrežu obezbeđen je kroz interfejs uređaj, koji filtrira primljene pakete, i dostavlja ih do slejv kontrolera. Slejv kontroler predstavlja jedinstvenu Field-programmable gate array (FPGA) platformu sa obezbeđenim Serial Peripheral Interface (SPI) - TT modulom za komunikaciju sa interfejs kontrolerom. Rad uključuje analizu izvršavanja najzahtjevnijih dijelova koda, kao i uticaj Best-Effort (BE) saobraćaja na prenos TT poruka

Ključne reči: Time-Triggered Ethernet, FPGA, SPI, master, slejv

Abstract – This paper describes the characteristics of Time-Triggered (TT) Ethernet traffic, which is used for communication between one master and several slave controllers in the network. The slave's access to the network is provided through an interface device, which filters received packets and delivers them to the slave controller. The slave controller represents an embedded Field-programmable gate array (FPGA) platform with a provided Serial Peripheral Interface (SPI) - TT module for communication with the interface controller. The paper includes an analysis of the execution of the most demanding parts of the code, as well as the impact of Best-Effort (BE) traffic on the transmission of TT messages.

Keywords: Time-Triggered Ethernet, FPGA, SPI, Master, Slave

1. UVOD

Distribuirani sistemi koji rade u stvarnom vremenu, da bi ostvarili svoje funkcionalnosti, zahtijevaju da se čitav proces upravljanja, prenosa, djelovanja, komunikacije, odvija u stvarnom vremenu, te u idealnom slučaju bez kašnjenja.

Međutim, često to nije ostvarivo korišćenjem već postojećih protokola, kao što su to LIN, CAN, FlexRay i drugih jer su sistemi isuviše kompleksni, sa bezbroj uređaja, senzora, aktuatora i slično.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Vladimir Marinković.

Da bi se obezbjedila komunikacija sa konstantnim i garantovanim kašnjenjem, zahtjeva se upotreba vremenski kritičnih poruka, odnosno upotreba jednog od vremenski kritičnih protokola. Jedan od protokola koji nam to omogućavaju, predstavlja TTEthernet [1].

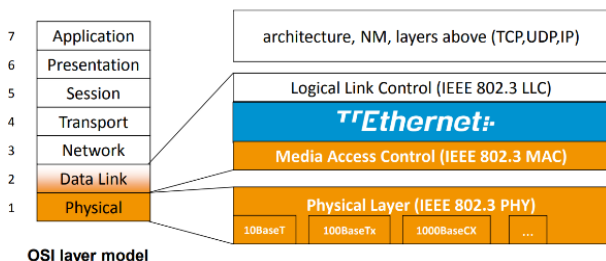
Proširenje Etherneta nastalog prije više od pet decenija, čime se ostvaruje kompatibilnost unazad. Odnosno, ostvaruje se mogućnost prenosa vremenski kritičnih, ali i standardnih ET (eng. Event Triggered) poruka, korišćenjem iste fizičke infrastrukture [4]. Bazira se na tome da nam ovaj protokol garantuje maksimalno ostvarivo kašnjenje za vremenski kritične poruke, koje su neophodne za funkcionalnost jednog kompleksnog sistema za rad u stvarnom vremenu. Upotreba TTEtherneta u današnje vrijeme se bazira prvenstveno na transportnoj industriji, gledajući većinom na automobilsku ali i avio kao i svemirsku, dok u zadnje vrijeme svoju upotrebu pronalazi i u ostalim industrijama, gdje imamo sisteme za obnovljive izvore energije, i slično. Cilj istraživanja je da se omogući realizacija simulatora vremenski kritičnog saobraćaja između jednog Master, i jednog ili više slejv uređaja u mreži. Odnosno, ideja se bazira na tome da kreirani simulator može da se iskoristi u realnim situacijama sa adekvatnim hardverom, s tim da je neophodno modifikovati korisne podatke poruka koje se prenose, tako da budu smislene. Takođe, uzeta je u obzir i analiza prenosa ovih poruka, potencijalna "zagušenja" veličinama korisnog sadržaja, brojem slejv čvorova, obradom određenih pristiglih poruka, brojem poruka i sličnih stvari

2. KARAKTERISTIKE TTEthernet MREŽE

TTEthernet predstavlja komunikacioni protokol u realnom vremenu (eng. real-time) otporan na greške (eng. fault-tolerant) koji se koristi u bezbjedonosno - kritičnim sistemima kao što su transportna industrija, industrijska automatizacija. Kompatibilan je sa IEEE 802.3 Ethernetom i adekvatno se integriše sa postojećim komponentama Ethernet mreže, što je pri realizaciji i bio jedan od primarnih uslova. Omogućava determinističku komunikaciju u realnom vremenu kao i prenos asinhronog saobraćaja, paralelno na istoj Ethernet mreži. Odnosno, omogućava prenos vremenski kritičnog saobraćaja, ali i standardnog nekritičnog Ethernet saobraćaja (eng. non-critical), korišćenjem zajedničke fizičke infrastrukture, uz striktnu garanciju kašnjenja za TT saobraćaj [3]. Na slici 1, prikazana je struktura Open Systems Interconnection (OSI) modela, kao i reprezentacija TTEthernet-a. U

TTEthernet mrežama razlikujemo 4 vrste saobraćaja kao i tipova poruka [1]:

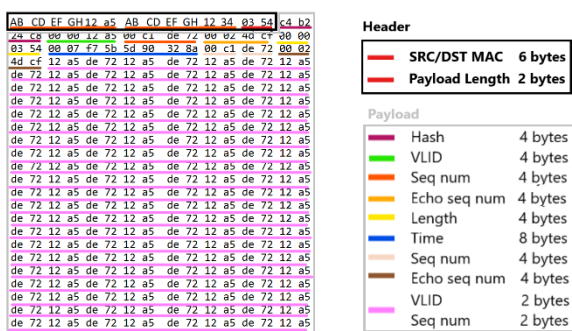
- Deterministički / Vremenski kritični - TT,
- Sporadični (eng. *Rate-Constrained*) - RC,
- Standardni -BE,
- Specijalni kontrolni (eng. *Protocol Control Frames*) – PCF



Slika 1. *TTEthernet* kao sastavni dio OSI modela [2]

3. STRUKTURA TTETHERNET PORUKA

Na sljedećoj slici, dat je primjer jednog TTEthernet paketa, zabilježenog u pretposljednem sloju veze podataka, u realnoj primjeni prenosa između dva uređaja u mreži.



Slika 2. *Struktura Ethernet paketa*

TTEthernet mreža predstavlja „izvedenu“ Ethernet mrežu, kao takva, zadržava karakteristike što se tiče same strukture paketa. U skladu sa tim, TTEthernet paket sastavljen je iz 2 dijela, odgovarajućeg TTEthernet zaglavlja (eng. *Header*) kao i korisnih podataka (eng. *Payload*).

Zaglavlje čine po 6 bajtova izvorišne i odredišne MAC (eng. *Medium Access Control*) adrese, kao i 2 bajta dužine korisnih podataka. Korisni podaci predstavljaju korisnički sadržaj koji ima za cilj da prenese informacije od interesa. Za potrebe rada simulatora TT saobraćaja, definisana je probna struktura korisnih podataka, u skladu sa potrebama analize i obrade pristiglih paketa.

4. STRUKTURA TTETHERNET MREŽE

4.1. Master čvor

Predstavlja master kontroler u mreži koji ima za zadatak da upravlja radom, i prati status slejv uređaja u mreži, koji zajedno definišu jedan sistem. Odgovarajući sistem, može/mora da ima jedan Master uređaj, kao i jedan ili više slejv uređaja. Radi se o računaru sa custom Linux operativnim sistemom koji sadrži PCIe mrežnu karticu za koju je razvijen Linux kernel drajver pomoću kojeg se vrši komunikacija.

4.2. Slejv čvor

Slejev uređaj predstavlja sistem na ploči (eng. *System-on-Chip* - SoC) realizovan kao jedinstvena FPGA ugrađena računarska platforma, koja se koristi za TT komunikaciju u TTEthernet mrežama. Pojam “jedinstvena FPGA platforma”, navedena je iz razloga što se dati čvor za komunikaciju može koristiti na više mogućih načina, što je omogućeno korišćenjem kompleksne hardverske strukture. Dodatno, “izbor” načina funkcionalnosti obezbeđen je kroz različite FPGA blokove, koji preko AXI (eng. *Advanced eXtensible Interface*) periferala obezbeđuju komunikaciju sa Zynq procesorom [5]. Jedan način upotrebe Slejev čvora, bazira se na tome da ga koristimo za komunikaciju bez “prisustva” *End System*-a, što nas dovodi do toga da se on ne može samostalno posmatrati kao mrežni uređaj, odnosno ne može samostalno da učestvuje u mrežnoj komunikaciji. Zahtijeva se prisustvo dodatnog uređaja, koji će proširiti slejv, “premostiti” do mreže, te ga nazivamo interfejs čvor. Imamo dva nezavisna bloka SPI TT kao i SPI BE, koji se koriste za TT odnosno ET saobraćaj sukcesivno. Ideja je takva da svaki od njih preko zajedničkog AXI periferala, obezbeđuje komunikaciju sa procesorom. Takođe, ideja je da razdvajanjem vremenski kritičnog i nekritičnog saobraćaja, povećamo performanse izvršavanja, ali i na neki način pojednostavimo prenos različitih poruka. Već je navedeno da u ovom stanju, Slejv nije u mogućnosti da direktno pristupa mreži, već se pristup obezbeđuje kroz interfejs uređaj. Prenos poruka ka datom uređaju, iz SPI TT i SPI BE blokova, odvija se preko SPI-a. Kao što se vidi na slici, ukoliko se poruka šalje sa Slejv-a, tada se podaci šalju na **SPI_BE_MISO**, odnosno **SPI_TT_MISO**, dok ukoliko poruka pristiže ka Slejv uređaju, tada se koriste **SPI_TT_MOSI**, odnosno **SPI_BE_MOSI**, u zavisnosti od toga o kom tipu poruke govorimo. U skladu sa tim, poruka se pri prenosu prebaciva u odgovarajući SPI bafer periferala, otkud se prenosi u odgovarajućem smeru. Za SPI_TT i SPI_BE, možemo reći da su oni AXI u SPI, odnosno SPI u AXI konvertori. U zavisnosti od toga da li Slejv šalje podatke, ili prihvata, dati podaci se preko SPI-a prenose do odgovarajućeg bloka, te dalje preko AXI-a, ili obrnuto.

4.3. Interfejs uređaj

Kako Slejv uređaj ne pristupa direktno mreži, kao takav zapravo nije niti “svjestan” postojanja date mreže. Jedino čega jeste svjestan, je postojanja interfejs uređaja sa kojim komunicira. Kako je interfejs uređaj zapravo ES uređaj, obezbjeđena je potrebna sinhronizacija, odnosno ispunjen uslov za prenos vremenski kritičnih poruka. Međutim, i Slejv uređaj učestvuje u prenosu vremenski kritičnih poruka, ali kako nije ES, ali ni SW uređaj, nije svjestan pojma sinhronizacije, kao ni samog vremena. To je zapravo osnovna uloga interfejs uređaja, da “pomogne” Slejv-u da svoje poruke korektno i pravovremeno pošalje u mrežu. Za interfejs uređaj se može reći da ima niz senzore za mjerenje, od kojih su najznačajniji senzor za temperaturu, žiroskop kao i akcelerometar. Vrijednosti njihovog mjerenja se mogu prenositi korišćenjem *peer* paketa, ili TT paketa u zavisnosti od toga šta treba da bude određište, odnosno na šta će te vrijednosti uticati. *Peer* poruke predstavljaju specijalnu vrstu interfejs – Slejv poruka, čiji primarni cilj predstavlja prenos signala

5. DIJAGRAM TOKA IZVRŠAVANJA SIMULATORA

5.1. Inicijalizacija

5.2. Provjera postojanja sinhronizacionog takta

5.3. Provjera sinhronizacije kroz prihvatanje *peer* poruke

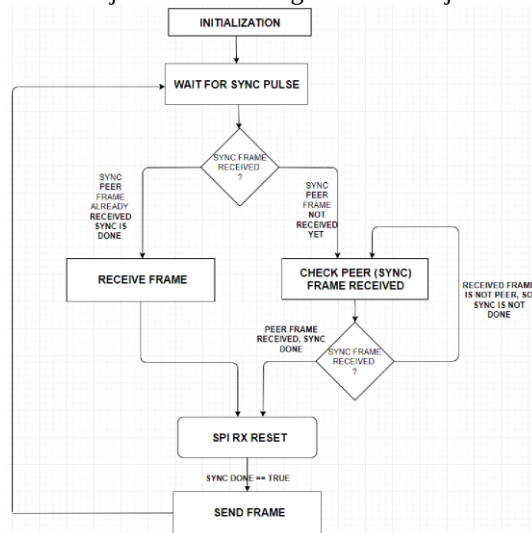
interval pristizanja. Za tu namjenu, iskorišćeni su *peer* paketi, koji prema rasporedu virtuelnih veza, dolaze periodično u definisanom slotu. Odnosno, ideja je da čekamo na *peer*, čime možemo da ozvaničimo da se radi o „konkretnom“ vremenskom intervalu, te započnemo normalnu funkcionalnost sistema.

5.4. Prihvatanje poruka

Po završetku uspješno obavljene sinhronizacije, i kada je aplikacija postala svjesna rednog broja vremenskog intervala, stvarna funkcionalnost može da počne. U ovoj fazi, aplikacija ima za zadatak da prihvata pristigle poruke, odnosno da ih parsira i provjerava da li je došlo do greške prilikom prenosa. Kao što je pomenuto, očekuje se za odgovarajući vremenski interval da se prihvate određeni paketi. Ukoliko u datom intervalu, nema niti jednog paketa za prihvatanje, osnovna sumnja se upućuje na to da smo otklinali sa vremenskim intervalom, i da imamo pogrešnu vrijednost. Na taj način ćemo u sljedećem intervalu ponovo čekati na *peer* poruku, kako bismo potvrdili da se radi o korektnoj vrijednosti.

5.5. Slanje poruka

Kako dijagram toka nalaže, nakon što se obavi potreban posao vezan za prihvatanje poruka, neophodno je da pošaljemo poruke od interesa. Prije svega, slanje poruka ne može da počne prije definisanog perioda vremena, u skladu sa konfiguracionim SPI fajlom. Takođe, da bismo izvršili slanje poruka, prije samog početka je neophodno provjeriti da li je SPI bafer za smještanje u potpunosti slobodan. Neophodno je da vrijeme izvršavanja procesa slanja svih poruka, ne bude duže u odnosu na unaprijed definisano vrijeme u SPI konfiguracionom fajlu.



Slika 4. *Dijagram toka izvršavanja simulatora*

6. TEORIJSKA OGRANIČENJA

6.1. Čekanje na *peer* poruke za ostvarivanje početne sinhronizacije

Osnovni nedostatak faze sinhronizacije je taj što ona u potpunosti zavisi od *peer* poruka sa interfejs uređaja. Kao što je navedeno, ukoliko se dati paket javlja u 9. vremenskom slotu, a mi smo se nalazili u korektnom prvom slotu po pokretanju aplikacije, izgubićemo čitav jedan period komunikacije prije uspostavljanja stabilnog stanja.

6.2. Maksimalno vrijeme izvršavanja

Čak i ako programski kod koji se izvršava po prijemu, ali i slanju svake TT poruka prati ograničenja opisana u prethodnom dijelu, teorijski se može desiti da kombinovana vremena izvršenja svega što se izvršava tokom jednog ciklusa integracije, premašuju period integracije. Ova granica se može izraziti jednačinom. (1), gdje je $num_rcv_{tt+peer}$ broj primljenih poruka, $WCET_{rcv}$ najgori slučaj vremena izvršavanja jednog prijema poruke, $num_snd_{tt+peer}$ broj poruka za slanje, te $WCET_{send}$ najgore vrijeme izvršavanja jednog slanja poruke. $WCET_{REST}$, definiše najgore vrijeme izvršavanja ostalih dijelova koda između slanja i prihvatanja.

$$\begin{aligned} &max_period \\ &> WCET_{REST} + num_{rcv_{tt+peer}} \cdot WCET_{rcv} \\ &+ num_{snd_{tt+peer}} \cdot WCET_{send} \end{aligned} \quad (1)$$

7. ANALIZA PERFORMANSI SLEJV ČVORA

7.1. Analiza izvršavanja pojedinih faza implementacije

U toku izvršavanja aplikacije, neophodno je da budu ispunjeni uslovi po pitanju vremena izvršavanja odgovarajuće faze. Idealan slučaj je da se jedan ciklus koraka završi za jedan vremenski interval, čime bismo u drugom vremenskom intervalu imali „čistu situaciju“ da nastavimo sa istim fazama, ali drugim porukama za prenos. Takođe, česta pojava je ta da kada se pravi raspored, za sve poruke se može pronaći najmanji sadržilac kao vrijednost perioda ponavljanja istih poruka, u odnosu na globalni period rada aplikacije, tako da vremena izvršavanja više nisu ograničena jednim vremenskim intervalom, već najmanjim zajedničkim periodom svih poruka, ali pod uslovom da nemamo nikakvih *offset*-a karakterističnih za prenos, jer u tom slučaju moramo i njih uzeti u obzir. Za jednostavan primjer sa slike 7.1, jedan proces treba da bude završen do početka naredne planirane akcije. Implementacija, se bazira na tome da, od početka vremenskog intervala, 35 – 40% vremena se odvaja da bi SPI postao spreman za rad, kao i da bi odgovarajuće poruke pristigle ka uređaju, zatim se za izvršavanje prihvatanja svih poruka odvaja 25%, koliko se zapravo maksimalno odvaja i za slanje svih poruka. Preostalih 10 – 15% vremena se koristi za restartovanje SPI-a za prihvatanje, odnosno dodatni posao koji se izvršava u niti aplikacije (Provjera postojanja sinhronizacionog takta, čitanje, parsiranje virtuelnog fajla itd.).

7.2. Analiza uticaja BE saobraćaja na prenos TT poruka

U skladu sa hardverskom strukturom prikazanom na slici 3, postoje dva odvojena funkcionalna bloka, od kojih je jedan za BE saobraćaj, odnosno drugi za TT. Ideja ovog razdvajanja se bazira na tome da ne smije doći do pojave da BE saobraćaj na bilo koji način naruši prenos TT poruka, jer to može da izazove ogromne posljedice. U skladu sa tim, prenos TT poruka ne zavisi od BE poruka, jer je njihov prenos u potpunosti nezavisan.

8. ZAKLJUČAK

Da bi se testirao prenos vremenski kritičnih poruka korišćenjem TTEthernet protokola, neophodno je definisati strukturu uređaja koji formiraju mrežu, definisati njihove mogućnosti, uloge i slično. Nakon fizičke organizacije, i spremnosti uređaja da komuniciraju, iniciranje same komunikacije se obavlja na najvišem sloju, a to je aplikativni sloj. Dakle, kreira se aplikacija koja će imati zadatak da generiše poruke, odnosno prihvata odgovarajuće poruke, u skladu sa unaprijed definisanim vremenskim rasporedom prenosa. Za datu aplikaciju, možemo reći da se zapravo radi o simulatoru prenosa vremenski kritičnog saobraćaja, na poznatoj i jedinstvenoj platformi za izvršavanje. Implementacija simulatora, bazirana je programskoj niti za rad u stvarnom vremenu, čime se daju određene garancije prilikom izvršavanja, odnosno promjene konteksta unutar procesora, jer u suprotnom se može desiti da neki drugi proces, preuzme potpunu kontrolu izvršavanja od strane procesora, i na taj način naruši rad simulatora, a samim tim potencijalno ugrozi ljudske živote.

9. LITERATURA

- [1] TTTech Computertechnik AG. 2009, “TTEthernet – A Powerful Network Solution for All Purposes” ["TTEthernet – A Powerful Network Solution for All Purposes"](#) (PDF), posjećeno: 18.07.2022.godine
- [2] Jean-Baptiste Chaudron, “TTEthernet. Theory, Concepts and Applications”, http://etr2015.irisa.fr/images/presentations/TTEthernet_ETR_2015_Rennes.pdf (PDF), posjećeno: 18.07.2022.godine
- [3] Stefan Poledna, Herman Kopetz, Wilfried Steiner, “Deterministic system design with Time-Triggered technology”, Microelectronic Systems Symposium (MESS)
- [4] Ekarin Suethanuwong, “Scheduling time-triggered traffic in TTEthernet systems”, Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA), 2012 IEEE 17th Conference, 17-21 Sept. 2012, Krakow
- [5] Louise H. Crockett, Ross A. Elliot, Martin A. Enderwitz, Robert W. Stewart, “The Zynq Book”, <http://www.zynqbook.com/>, posjećeno: 18.07.2022.godine

Kratka biografija:



Dejan Milojica rođen je 1997. godine u Prijedoru, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina. Zvanje dipl. Inž. El. stekao na Elektrotehničkom fakultetu u Banja Luci. Godine 2021. upisuje se na master akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, odsjek Računarstvo i Automatika. Zaposlen kao Softver Inženjer na institutu RT-RK u Banja Luci.

Kontakt: dejan.milojica@rt-rk

PRIMENA DATA WAREHOUSE SISTEMA U SEKTORU PRODAJE KOMPANIJE ZA UVOZ, PROIZVODNJU I DISTRIBUCIJU PREHRAMBENIH ARTIKALA**UTILIZATION OF THE DATA WAREHOUSE SYSTEM IN THE COMPANY'S SALES SECTOR FOR IMPORT, PRODUCTION AND DISTRIBUTION OF FOOD PRODUCTS**

Ivana Božić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je predstavljena primena Data Warehouse (DW) sistema u sektoru prodaje kompanije za proizvodnju i trgovinu prehrambenim proizvodima. Prikazana je projektovana arhitektura sistema skladišta podataka i šema baze podataka za podršku procesa odlučivanja u sektoru prodaje. Opisana je implementacija softverske podrške za izvršavanje ETL procesa koji obezbeđuju inicijalno punjenje DW baze podataka. Nad implementiranim DW sistemom generisani su izveštaji namenjeni za unapređenje poslovanja i boljem donošenju odluka u strategijama prodaje.

Ključne reči: Data Warehouse, sistemi skladišta podataka, poslovno izveštavanje, analiza prodaje

Abstract – The research study portrays the utilization of the Data Warehouse (DW) system in the sales sector of the company for the production and trade of food products. Projected architecture of database store system and schema of the database for the decision making in the sector are shown. Implementation of software support for ETL process realization has been described. Over the DW system are generated reports intended for business improvement and better decision-making in sales strategies.

Keywords: Data Warehouse, Data Warehouse systems, business reporting, sales analysis

1. UVOD

Današnje poslovanje je pod uticajem brzih promenama u okruženju i sa sve brojnijim procesima i procedurama koje mora da isprati. Suočene sa brojnim izazovima, kompanije moraju da traže rešenja za što efikasnije poslovanje. Iako informacioni sistem i OLTP baza podataka na koju se oslanja olakšavaju poslovne procese, oni ne mogu da pruže pouzdan odgovor na pitanje kako menadžment da unapredi svoje poslovanje.

Cilj ovog rada jeste da se unapredi poslovanje u sektoru prodaje kompanije za proizvodnju i trgovinu prehrambenim proizvodima. Definisani cilj će se postići projektovanjem DW sistema koji pruža podršku za kompleksne analize prodaje neke kompanije [1]. Dobijeni rezultati mogu biti od interesa osobama koji su rukovodioci kompanije ili sektora prodaje artikala na tržištu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Slavica Kordić.

Osim uvoda i zaključka, ovaj rad sadrži još 6 poglavlja. U poglavlju 2 opisan je realan sistem kompanije za uvoz, proizvodnju i distribuciju prehrambenih artikala, sa osvrtom na bitne segmente poslovanja. U poglavlju 3 je prikazana šema *Online Transaction Processing* (OLTP) baze podataka. Kroz poglavlje 4 opisane su sve teme poslovanja koje se analiziraju po različitim dimenzijama. U poglavlju 5 prikazana je projektovana šema DW baze podataka kompanije za proizvodnju i trgovinu prehrambenim proizvodima u sektoru prodaje. Kroz poglavlje 6 prikazani su primeri ETL procesa za punjenje DW baze podataka podacima koji se preuzimaju iz OLTP baze podataka. U poglavlju 7 su predstavljeni i analizirani izveštaji koji su kreirani na osnovu podataka koji se nalaze u okviru DW baze podataka.

2. OPIS REALNOG SISTEMA I PROBLEMSKOG DOMENA

Realan sistem predstavlja kompanija koja se bavi uvozom, proizvodnjom i distribucijom različitih prehrambenih proizvoda. Tema ovog rada obuhvata analizu sledećih aspekata poslovanja: ostvarenog prometa kompanije, promenu cene artikala i kašnjenje isporuke i isplate kupaca.

U okviru sistema postoje tri grupe proizvoda koje su od interesa: uvozni artikli, artikli domaćih proizvođača i artikli iz sopstvene proizvodnje. Bez obzira na grupu kojoj pripada, svaki proizvod se karakteriše svojom jedinstvenom šifrom, nazivom, težinom i načinom pakovanja. Pored toga, svaki proizvod ima naznačenu zemlju porekla i prodajnu cenu, koja se vremenom menja pod uticajem tržišta ili nekih drugih faktora.

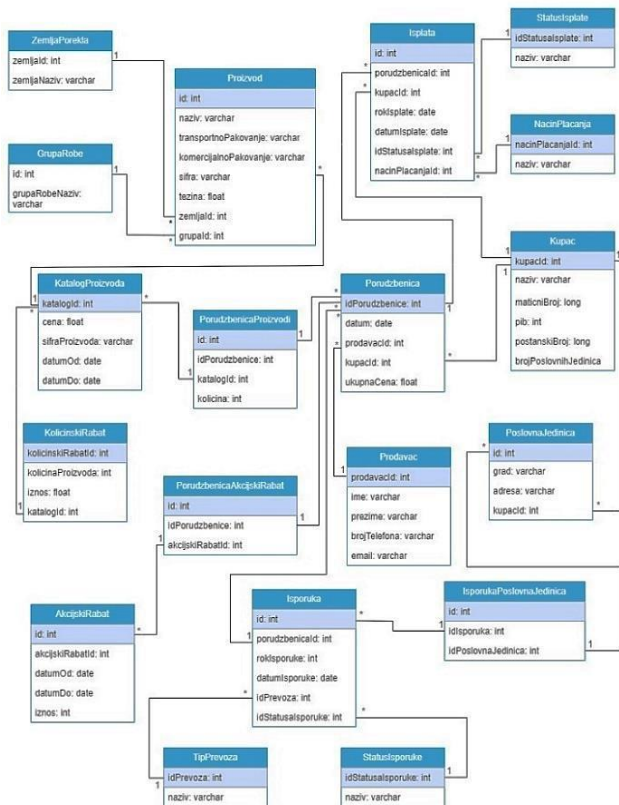
Kupac mora da bude pravno lice i da ima svoj matični broj, poreski identifikacioni broj, poštanski broj i broj poslovnih jedinica kojima raspolaže. Svaka poslovna jedinica ima svoju adresu i grad u kom se nalazi.

U okviru kompanije zaposleno je više prodavaca, odnosno komercijalista. Prilikom kupovine kupac može da pазari jedan ili više različitih artikala. Porudžbenica je obrazac kojim kupac traži od prodavca da mu isporuči određenu vrstu i količinu robe, pod određenim uslovima prodaje.

Takođe, uzeto je u obzir da kupac može da ostvari određene privilegije prilikom kupovine, odnosno da dobije rabat. Popusti se daju na osnovu kupljene količine (količinski rabat) ili u periodu popusta firme (akcijski rabat). Ukoliko je kupac ostvario neki od popusta, računa se konačna cena artikla i unosi se u porudžbenicu.

3. ŠEMA OLTP BAZE PODATAKA

Na slici 3.1 prikazana je OLTP šema baze podataka jedne kompanije za proizvodnju i trgovinu prehrambenim artiklima u sektoru prodaje. Treba napomenuti da je šema modelovana uz sugestije i navođenja menadžera kompanije po pitanju biznis logike. Sastoji se od 19 tabela koje su popunjene testnim podacima.



Slika 3.1 Prikaz šeme OLTP baze podataka

4. TEME POSLOVANJA

Prilikom razvoja DW baze podataka, preporučljivo je da prvi korak razvoja obuhvata identifikaciju tema poslovanja koje treba analizirati [2]. Nakon definisanja tema poslovanja, poželjno je sagledati koje sve dimenzije utiču na njih. Ukoliko se ove dve stavke ne definišu precizno razvoj DW baze podataka će ići u pogrešnom smeru. U okviru rada praćeno je kako različiti faktori utiču na zaradu kompanije, kašnjenje isporuke, promenu cene proizvoda i kašnjenje isplate.

Prva tema poslovanja koja se analizira jeste zarada kompanije. Prvi faktor koji je od velikog interesa za kompaniju jesu kupci, a posebno stalni kupci koji poručuju veliku količinu artikala. Takođe, na zaradu utiče i proizvod, odnosno vrsta artikla koja ostvaruje manji ili veći promet. Profitu kompanije doprinosi i komercijalista, a naročito onaj zaposleni koji ostvari prodaju najveće količine artikala.

Sa druge strane, zarada kompanije može da se prati u odnosu i na vreme, što bi značilo praćenje zarade po različitim mesecima, kvartalima ili godinama. Na profit utiče i zemlja porekla artikla, odnosno razlika između proizvodne cene i konačne cene artikla. Pored toga, zarada kompanije može da se posmatra i iz ugla kojoj grupi robe proizvod pripada, odnosno da li je, na primer,

veća zarada ostvarena nad artiklima iz proizvodnje ili iz uvoza.

Druga tema poslovanja koja se ispituje jeste da li isporuka kasni kupcima i koji faktori utiču na kašnjenje. Kašnjenje se može posmatrati u odnosu na grad isporuke robe. Sa druge strane, može se analizirati sa strane proizvoda, odnosno koji artikl pravi najveći problem za isporuku. Na isporuku u većoj ili manjoj meri utiče i način isporuke kao i zemlja porekla i grupa robe kojoj artikl pripada. Takođe, isporuka se može posmatrati u odnosu na vreme, odnosno kašnjenje isporuke po danima, mesecima ili kvartalima.

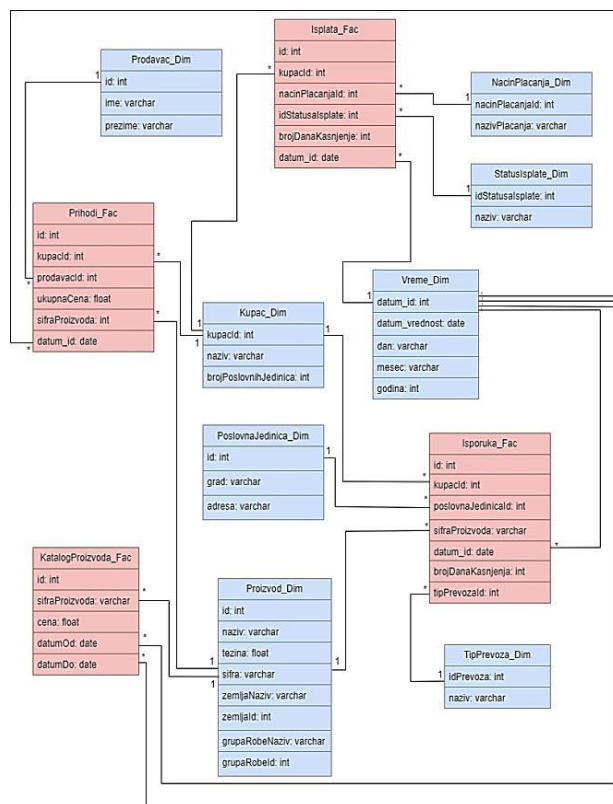
Treća tema poslovanja koja se analizira jeste kašnjenje isplate kupaca. Isplatu je moguće pratiti po različitim proizvodima i vremenu.

Četvrta tema poslovanja koja se proučava jeste promena cene proizvoda. Na cenu artikla utiče kvalitet proizvoda i potražnja na tržištu, ali sa druge strane i troškovi proizvodnje u različitim zemljama.

5. OPIS DATA WAREHOUSE BAZE PODATAKA

Šema DW baze podataka sastoji se od 12 tabela. Od ukupnog broja, 8 čine tabele dimenzija, dok su 4 činjenične tabele [3,4]. Shodno tome da sadrži više tabela činjenica, ova šema DW baze podataka spada u šemu tipa sazvežđe [3,4]. U okviru 4 činjenične tabele prate se prihodi kompanije, isporuka artikala, isplata poručene robe i promena cene artikala. Kao izvor podataka DW baze podataka iskorišćena je prethodno prikazana OLTP baza podataka kompanije.

Na slici 5.1 prikazana je šema DW baze podataka.



Slika 5.1 Šema DW baze podataka

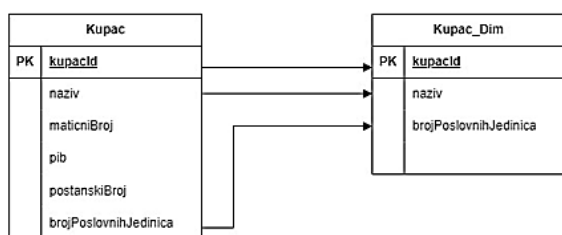
Plavom bojom su naznačene sve dimenzione tabele, dok su crvenom bojom istaknute činjenične tabele. Tabele dimenzija projektovane šeme DW baze podataka su: **Tip-Prevoza_Dim**, **Prodavac_Dim**, **Kupac_Dim**, **Status-**

Isplate_Dim, Proizvod_Dim, Vreme_Dim Poslovna-Jedinica_Dim i NacinPlacanja_Dim. Tabele činjenica ove šeme DW baze podataka su: Isporka_Fac, Isplata_Fac, KatalogProizvoda_Fac i Prihodi_Fac.

6. SPECIFIKACIJA ETL PROCESA

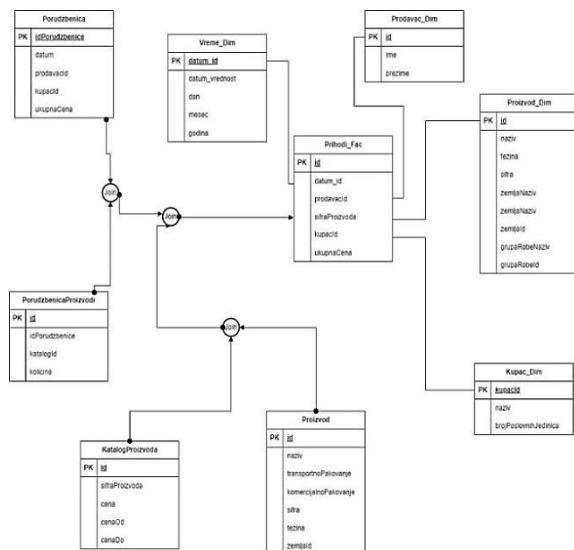
U okviru ovog poglavlja opisano je na koji način su se podaci preuzimali iz izvorne baze podataka i upisivali u tabele DW baze podataka. Za potrebe punjenja DW baze podataka bilo je potrebno definisati 12 ETL procesa [5, 6]. Oni su grafički prikazani pomoću mapiranja, ali i kroz SQL kod.

Prvu fazu punjenja DW baze podataka predstavljale su tabele dimenzija. Za njihovo punjenje implementirani su jednostavniji ETL procesi koji sadrže bar jedan izvorni i jedan ciljni objekat. Na slici 6.1 je prikazan ETL proces za punjenje dimenzione tabele *Kupac_Dim*.



Slika 6.1 Mapiranje podataka za tabelu *Kupac_Dim*

Drugu fazu punjenja DW baze podataka predstavljale su tabele činjenica. Za punjenje činjeničnih tabela bilo je potrebno definisati složenije procese, što podrazumeva spajanje više izvornih objekata i primenu različitih operacija. Na slici 6.2 prikazano je mapiranje podataka za činjeničnu tabelu *Prihodi_Fac*.



Slika 6.2 Mapiranje podataka za tabelu *Prihodi_Fac*

SQL naredba za spajanje tabela iz izvorne baze podataka i punjenje činjenične tabele *Prihodi_Fac* podacima:

```
CREATE SEQUENCE prihodi_seq START WITH 1;
INSERT INTO Prihodi_Fac (id, datum_id, prodavacId,
    kupacId, ukupnaCena, sifraProizvoda)
SELECT prihodi_seq.nextval, datum_id, prodavacId,
    idKupca, kolicina*cena, sifraProizvoda
FROM PorudzbenaProizvodi p
```

```
LEFT JOIN Porudzbena p2 ON p.idPorudzbene =
    p2.idPorudzbene
```

```
LEFT JOIN KatalogProizvoda k ON p.katalogId =
    k.katalogId
```

```
LEFT JOIN Proizvod p3 ON k.sifraProizvoda = p3.sifra
```

```
LEFT JOIN Vreme_Dim tt ON p2.datum =
    tt.datum_vrednost;
```

7. IZVEŠTAJI

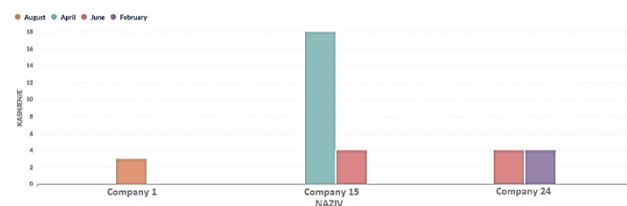
U ovom poglavlju prikazani su i opisani izveštaji koji su kreirani na osnovu podataka koje se nalaze u okviru DW baze podataka. Cilj ovog projekta jeste da menadžeri kompanije mogu na jednostavan način da dobiju izveštaje na osnovu kojih će moći da donose odluke bitne za poslovanje. Kroz analizu razmatrani su faktori koji utiču na cenu proizvoda, profit kompanije, kao i koji su kupci od interesa. Između ostalog, bio je osvrst i na kašnjenja isporuke i isplate kupaca, njihove učestalosti i uzroka.

Slika 7.1 ilustruje tabelarni prikaz koliko je ukupno porudžbenica trenutno u statusu *neisplaćeno* i koliko je ukupno neplaćenih porudžbenica po kupcu. Na osnovu tabele može se videti da ukupno 3 porudžbenice trenutno nisu plaćene, a od toga 1 porudžbenica pripada kupcu *Company 3*, dok 2 porudžbenice pripadaju kupcu *Company 8*.

KUPACID	NAZIV	DATUMPORUDZBENICE	BROJPOKUPCU	NEPLACENO
2	Company 3	January 12, 2021	1	3
1	Company 8	January 12, 2021	2	3
1	Company 8	September 20, 2021	2	3

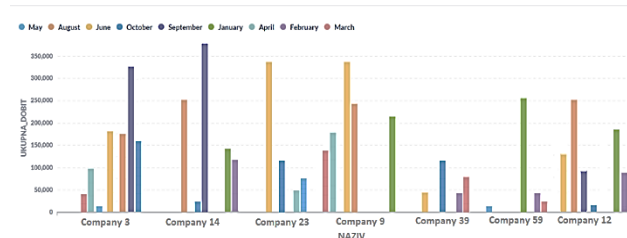
Slika 7.1 Prikaz *neisplaćenih porudžbenica*

Na slici 7.2 prikazan je dijagram na kom se vidi koji kupac je najviše kasnio sa isplatom po mesecima i koliko dana iznosi to kašnjenje. Može se uočiti da je sa isplatom po broju dana najviše kasnio kupac *Company 15*. Njegovo maksimalno kašnjenje u aprilu bilo je 23 dana od roka isplate, dok je u junu iznosilo 4 dana. Kupci *Company 15* i *Company 24* su najviše puta kasnili sa isplatom u 2021. godini u iznosu od 2 puta.



Slika 7.2 Prikaz *kašnjenja isplata kupaca*

Na slici 7.3 istaknut je dijagram na kom se vidi promet kupaca po mesecima u 2021. godini.

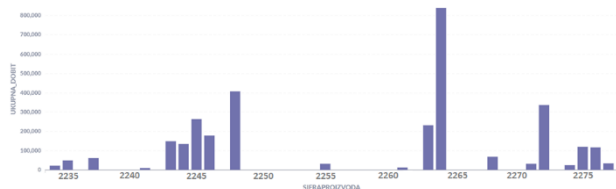


Slika 7.3 Prikaz *prometa kupaca po mesecima*

Na osnovu dijagrama može se uočiti da je najveći promet ostvario kupac *Company 9* sa pazarom od 1,126,759 u

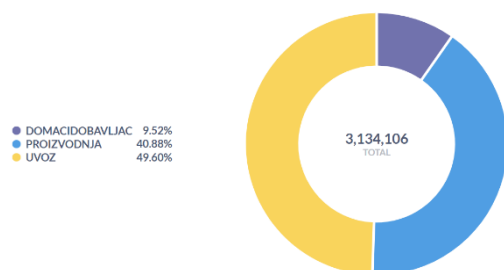
martu, aprilu, junu avgustu i januaru, nakon toga slede Company 14 i Company 3.

Na slici 7.4 je predstavljen dijagram koji ilustruje promet artikala u 2021. godini. Na osnovu dijagrama može se uočiti da je najveći promet ostvario artikl sa šifrom 2264 sa prometom većim od 800000.



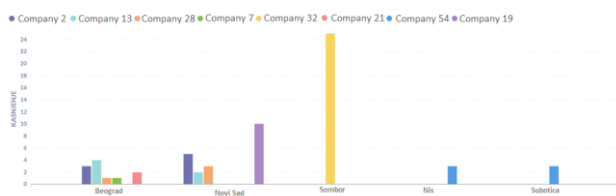
Slika 7.4 Prikaz prometa artikala 2021. godine

Na slici 7.5 ilustrovano je ostvarenje profita po grupi kojoj artikli pripadaju. Tu je očigledno da su najveći profit ostvarili artikli iz uvoza, sa čak 49.60%, dok su najmanji profit ostvarali artikli domaćih proizvođača, sa samo 9.52% profita.



Slika 7.5 Prikaz profita po grupi robe

Na slici 7.6 je prikazan dijagram na kom su istaknute isporuke kupcima u toku 2021. godine, iskazane po gradovima za svakog kupca. Može se uočiti da je najveće kašnjenje, od 25 dana bilo kupcu Company 32, čije je odredište u Somboru. Pored toga, može se uočiti i da je najviše puta isporuka kasnila na odredištu Beograda različitim kupcima.



Slika 7.6 Maksimalno kašnjenje isporuke po gradovima

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je razvoj DW sistema za praćenje procesa prodaje u okviru jedne kompanije za uvoz, proizvodnju i distribuciju prehrambenih artikala. Postavljen je cilj da se razvije softverska podrška koja pruža mogućnost generisanja izveštaja i analizu podataka po različitim dimenzijama posmatrane kompanije. Na osnovu tih izveštaja, menadžeri kompanije mogu lakše i brže da uoče problem i na efikasan način da pristupe njegovom rešavanju. Prvi deo razvoja bio je posvećen projektovanju OLTP šeme baze podataka realnog sistema i njegovom punjenju podacima. Ipak, veći deo fokusa je bio u drugom delu razvoja, tokom projektovanja

odgovarajuće DW šeme baze podataka. Pre samog razvoja, bilo je potrebno definisati sve teme poslovanja koje se razmatraju. Na kraju, bilo je neophodno prikupiti sve podatke i transformisati ih u odgovarajući format DW šeme baze podataka. Kao takav, sistem je bio spreman za generisanje izveštaja i analizu podataka.

Dalji razvoj ovog rešenja može se nastaviti u različitim pravcima. Velika pažnja može se posvetiti ETL procesima, kao posebnoj oblasti, shodno tome da je on ključan za kvalitet podataka u sistemu. Moglo bi da se razmisli i o ažuriranju podataka, kako bi se omogućilo efikasno osvežavanje DW baza podataka. Sa druge strane, razvoj bi mogao da se nastavi i u pravcu proširenja DW-a. U zavisnosti od oblasti i složenosti poslovanja, sistem bi mogao da se proširi sa drugim temama poslovanja koje će se analizirati. Na primer, pored prodaje mogu se analizirati aspekti nabavke i proizvodnje. Pored toga, u daljem razvoju bilo bi poželjno optimizovati upite za analizu. Istraživanje bi moglo ići u smeru koji alat je najpogodniji za ovaj sistem.

9. LITERATURA

- [1] Branković M., "Poslovna inteligencija", 2012. [Online]. Dostupno na: https://old.vts.edu.rs/images/nastava/PoslovnaInteligencija/PI_skripta.pdf [Pristupljeno: Novembar, 2022]
- [2] Luković I. Beleške sa predavanja, 2022
- [3] Ralph Kimball, Margy Ross, "The Data Warehouse Toolkit", treće izdanje, Wiley, 2013. [E-book]. Dostupno na: https://aatinegar.com/wp-content/uploads/2016/05/Kimball_The-Data-Warehouse-Toolkit-3rd-Edition.pdf
- [4] William H. Inmon, "Building the Data Warehouse", četvrto izdanje, Wiley, 2005. [E-book]. Dostupno na: [Bulding the Data Warehouse 4 Edition.pdf](http://hcmute.edu.vn/Bulding%20the%20Data%20Warehouse%204%20Edition.pdf)
- [5] Oracle, "Database 2 Day + Data Warehousing Guide", https://docs.oracle.com/cd/E11882_01/server.112/e25555/toc.htm [Pristupljeno: Decembar, 2022]
- [6] Akshat Mathur, "Introduction to Pentaho Data Integration – Theory For Foundational Understanding", knoldus.com, Jan. 31, 2022. [Online]. Dostupno na: [Introduction to Pentaho Data Integration - Theory For Foundational Understanding](https://knoldus.com/blog/introduction-to-pentaho-data-integration-theory-for-foundational-understanding/) - Knoldus Blogs [Pristupljeno: Januar, 2023]

Kratka biografija:



Ivana Božić rođena je 2. maja 1997. godine u Novom Sadu. Završila je gimnaziju „Svetozar Marković“, a školske 2016/17. godine upisala se na Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, osek elektrotehnika, smer Primenjeno softversko inženjerstvo. 2020. godine završava osnovne akademske studije, dok se na master akademske studije Fakulteta tehničkih nauka upisuje školske 2021/22. godine na studijski program Računarstvo i automatika. kontakt: ivana.bozic01@gmail.com

ANALIZA UTICAJA PROMENE PROIZVODNJE DISTRIBUTIVNIH GENERATORA NA REŽIM RADA DISTRIBUTIVNE MREŽE**ANALYSIS OF THE IMPACT OF CHANGES IN THE PRODUCTION OF DISTRIBUTION GENERATORS ON THE MODE OF OPERATION OF THE DISTRIBUTION NETWORK**

Predrag Vasiljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu je razmatran uticaj promene proizvodnje distributivnih generatora (DG) na režim rada distributivne mreže (DM). U radu je prikazan uticaj DG na struju na sekundaru i tercijaru regulacionog transformatora, napon na krajevima izvoda i gubitke snage u DM.

Ključne reči: Distributivna mreža, Distributivni generator

Abstract – This paper discusses the impact of the change in production of distribution generators (DG) on the mode of operation of the distribution network (DM). This paper shows influence of DG on transformers secondary and tertiary current, voltage at the end of the distribution lines and power losses.

Keywords: Distribution network, Distributed generation

1. UVOD

Sve veći uticaj, tzv. penetracija, obnovljivih energetskih izvora (RES – renewable energy sources) i električnih vozila (EV – electric vehicles) značajno utiče na tradicionalne distributivne mreže (DM). Do juče potpuno pasivne DM, sa nedvosmisleno definisanim tokovima aktivne snage, od korena DM do potrošača, postaju sve aktivnije DM, sa dvosmernim protokom aktivne snage [1,2,3].

Posledica ovakvih promena jeste uvođenje novih problema, kao što su zagušenje mreže i pad napona, kao posledica stohastičkog punjenja EV [4]; obrnuti tok snage i/ili visoki naponi zbog proizvodnje RES [5]; asimetričnih napona usled neuravnoteženog povezivanja jednofaznih EV i RES uređaja [6], i suprotstavljenih interesa proizvođača, distributera i korisnika električne energije, itd. Dakle, jasno je da tradicionalni Volt Var resursi (transformatori sa promenom napona pod opterećenjem, regulatori napona, otočne kondenzatorske baterije) i davno uspostavljeni koncepti regulacije napona (automatski regulator napona sa karakteristikom zakona regulacije, lokalna automatizacija) ne mogu da se izbore sa problemima koje donose aktivne DM. Cilj ovog rada je da se kroz analizu vrednosti dobijenih proračunima tokova snaga, kvantifikuje uticaj DG na režim DM.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor dr Goran Švenda, red.prof.

2. OSNOVNI POJMOVI

U ovom delu prikazana je metodologija za proračun tokova snaga u DM i regulacioni transformatori, koji se koriste za izradu ovog rada.

2.1 Metodologija za proračun tokova snaga

Distributivne mreže, za razliku od prenosnih mreža, karakteriše relativno slaba potencijalna upetljanost i radijalni pogon. Standardne metode za proračun tokova snaga u prenosnim mrežama imaju značajno manju efikasnost kada se primenjuju u distributivnim mrežama. Da bi se ovi problem prevazišli, kao i da bi se ovi proračuni maksimalno ubrzali, razvijeni su specijalizovani algoritmi za proračun tokova snaga u distributivnim mrežama.

2.2 Algoritam sumiranja struja

Algoritam počinje inicijalizacijom postupka, a nakon toga sledi iterativni postupak, koji se sastoji od tri koraka:

1. Proračun injektiranih struja:

$$i_i^{(h)} = \left(\frac{s_{p,i}}{V_i^{(h-1)}} \right)^* + y_{0,i} \cdot V_i^{(h-1)}, i = 1, \dots, n_{cv} \quad (1)$$

2. Proračun struja po granama:

$$j_i^{(h)} = i_i^{(h)} + \sum_{j \in i} j_j^{(h)}, i = n_{gr}, \dots, 1, \quad (2)$$

3. Proračuna napona u čvorovima:

$$V_i^h = V_{i-1}^{(h)} - z_i \cdot j_i^{(h)}, i = 1, \dots, n_{cv} \quad (3)$$

2.3 Regulacioni transformatori

Energetski transformatori su statički uređaji koji na principu elektromagnetne indukcije pretvaraju napon ili struju između dva ili više namotaja, pri istoj učestanosti, na druge vrednosti napona i struja.

Primenom transformatora omogućeno je da se energija koristi na naponu koji je najekonomičniji, kao i da se proizvodi na naponu koji je najpogodniji. Ako je moduo ili fazni pomeraj fazora napona promenljiv, takvi transformatori su regulacioni transformatori. Oni mogu da se podele na:

- regulacione transformatore sa regulacijom pod opterećenjem (RTrPO) i
- regulacione transformatore s regulacijom u beznaponskom stanju (RTrBS).

3. POSTAVKA PROBLEMA

Cilj ovog rada je da se kroz analizu vrednosti dobijenih proračunima tokova snaga, kvantifikuje uticaj DG na režim DM. Pritom, analiziraju se različiti režimi DM, sa različitim vrednostima potrošnje potrošača i različitim vrednostima proizvodnje DG.

Naravno od ključnog interesa za korektan rad celokupnog sistem jeste kvalitetna procena režima DM [7,8].

3.1 Uticaj DG na DM

Primena DG u distributivnom sistemu ima brojne pogodnosti. Sa ekonomskog stanovišta to su: pokrivanje potrošnje potrošača, mogućnost proširenja DG u malim koracima i upravljanje potrošnjom. Sa stanovišta eksploatacije sistema: pozitivan uticaj na naponske prilike, smanjenje gubitaka energije, poboljšanje pouzdanosti. Pored pozitivnih efekata, priključenje DG u DM ima i negativne efekte. Priključenjem DG, u DM koje su projektovane kao pasivne mreže (tokovi aktivne snage su uvek od mreže višeg ka mreži nižeg napona), moguće je da tokovi aktivnih snaga imaju oba smera. To dovodi do problema vezano za regulaciju, upravljanje i zaštitu DM. Problemi rastu sa porastom snage koja se vraća i izraženi su u DM sa malim kapacitetima prenosnih puteva.

3.2 Gubici u DM

Vrednost gubitaka električne energije jedan je od direktnih pokazatelja efikasnosti realizacije osnovne funkcije DM – prenosa energije od prenosne mreže do krajnjih potrošača. Ukupni gubici električne energije u DM predstavljaju razliku između preuzete i isporučene (prodate) električne energije.

Gubici se prema načinu nastanka dele na:

- tehničke (normirane) gubitke,
- komercijalne gubitke.

4. VERIFIKACIJA PROBLEMA UTICAJA DG NA REŽIM RADA DM

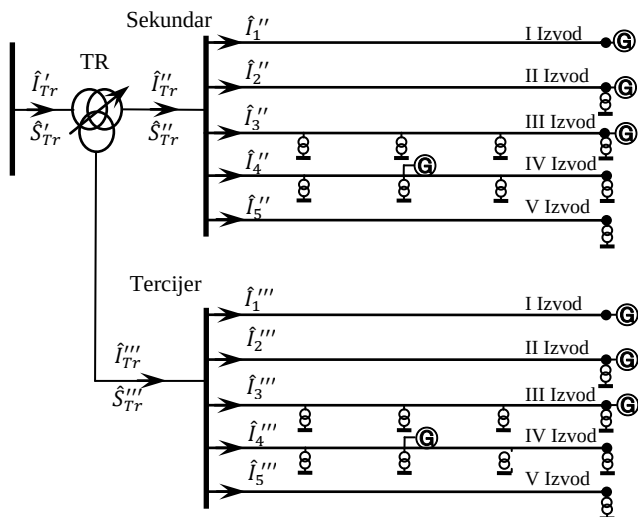
U nastavku rada je izvršena prezentacija uticaja promene proizvodnje DG na režim rada test mreže, odnosno na promene vrednosti sledećih veličina:

- promene napona na sekundaru i tercijeru regulacionog transformatora, kao i na krajevima izvoda,
- promene struja na sekundaru i tercijeru regulacionog transformatora i na početku izvoda,
- promene gubitaka aktivne i reaktivne snage u razmatranoj mreži.

4.1 Test distributivna mreža

Test distributivna mreža prikazana je na slici 1. Mreža se sastoji od jednog trofaznog tronamotajnog regulacionog transformatora (RTr), sa pet različitih izvoda na sekundaru i pet različitih izvoda na tercijeru. Svi izvodi na sekundaru su jednakih dužina, 10 km, dok su svi izvodi na tercijeru dužine 2 km: I izvod – nema potrošače, na njegovom kraju je priključen DG₁ snage S_G ; II izvod – na kraju voda su priključeni potrošači ukupne snage S_p i DG₂ snage S_G ; III izvod – ima 4 jednakih ravnomerno

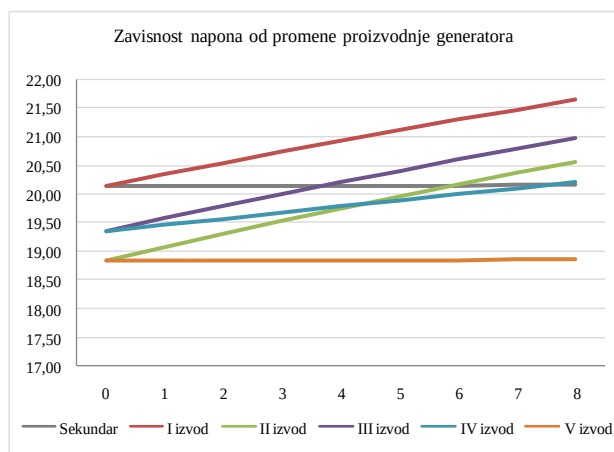
raspoređenih potrošača ukupne snage S_p i DG₃ na kraju voda snage S_G ; IV izvod – ima 4 jednakih ravnomerno raspoređenih potrošača ukupne snage S_p i DG₄ snage S_G na sredini voda; V izvod – na kraju voda je priključen jedan potrošač ukupne snage S_p . Ukupna snaga svih potrošača na izvodima (II, III, IV i V) je međusobno jednaka S_p i u zavisnosti od trenutka ona iznosi: $S_p=(4+j2)$ MVA, $S_p=(4-j2)$ MVA ili $S_p=(4+j0)$ MVA. Snaga distributivnih generatora S_G menja se od 0 do 8 MW.



Slika 1 – Test distributivna mreža

4.2 Uticaj DG na vrednosti napona u DM

Na slici 2 prikazana je promena napona na sekundaru RTr, i krajevima njegovih izvoda. Ukupna snaga potrošnje, na svakom izvodu sa potrošnjom, II, III, IV i V izvodi, je ista, u prikazanom primeru njena vrednost je $(4+j2)$ MVA. Pozicija teretnog menjača je $T=0$, za sve primere. Analiza je rađena za tri različite snage opterećenja potrošača u mreži: $S_p=(4+j2)$ MVA, $(4-j2)$ MVA i $(4+j0)$ MVA.



Slika 2 – Napon na sekundaru RTr i na krajevima izvoda, u zavisnosti od snage generatora, $S_p=(4+j2)$ MVA

Sa slike se može uočiti sledeće:

I izvod – vrednost napona raste, od početka ka kraju izvoda. Napon na kraju izvoda raste sa povećanjem proizvodnje generatora. Povećanjem proizvodnje, povećava se i vrednost modula struje. Smer aktivne snage je od kraja izvoda ka njegovom početku. II izvod – na kraju izvoda

postoji potrošač, tako da je porast vrednost napona manja u odnosu na porast vrednost na I izvodu. III izvod – napon raste sa povećanjem proizvodnje, s obzirom da su potrošači raspoređeni duž izvoda vrednos napona je veća u odnosu na drugi izvod. IV izvod – vrednost napona je od 19,37 kV za $S_G = 0$ MW, ista kao i za III izvod. Za $S_G = 8$ MW, napon na kraju izvoda je manji u odnosu na napon na III izvodu, zbog pozicije generatora na sredini voda, i rasporedjenih potrošača duž celog izvoda. V izvod – vrednost napona je konstantna.

Dobijeni rezultati vrednosti napona na krajevima izvoda sekundara [kV] prikazani su u tabeli 1, dok su rezultati za vrednost napona [kV] na krajevima izvoda tercijera prikazani u tabeli 2, rezultati su dati za $S_G = 0, 4$ i 8 MW.

Tabela 1 – Zavisnost napona [kV] na krajevima izvoda sekundara od snage generatora S_G [MVA]

S_p [MVA]	Izvod	$S_G=0$	$S_G=4$	$S_G=8$
(4+j0)	I	20,01	20,80	21,53
	II	19,11	20,01	20,81
	III	19,47	20,31	21,08
	IV	19,47	19,90	20,32
	V	19,11	19,11	19,13
(4+j2)	I	20,16	20,94	21,67
	II	18,85	19,76	20,57
	III	19,37	20,22	20,99
	IV	19,37	19,80	20,23
	V	18,85	18,85	18,86
(4-j2)	I	19,86	20,66	21,39
	II	19,36	20,24	21,04
	III	19,57	20,41	21,17
	IV	19,57	20,00	20,42
	V	19,36	19,36	19,37

Tabela 2 – Zavisnost napona [kV] na krajevima izvoda tercijera od snage generatora

S_p [MVA]	Izvod	$S_G=0$	$S_G=4$	$S_G=8$
(4+j0)	I	10,07	10,32	10,56
	II	9,72	10,00	10,26
	III	9,86	10,13	10,37
	IV	9,86	9,96	10,06
	V	9,72	9,65	9,59
(4+j2)	I	10,10	10,36	10,59
	II	9,59	9,88	10,14
	III	9,79	10,06	10,31
	IV	9,79	9,90	10,00
	V	9,59	9,52	9,45
(4-j2)	I	10,04	10,29	10,53
	II	9,84	10,12	10,38
	III	9,92	10,19	10,44
	IV	9,92	10,02	10,13
	V	9,84	9,77	9,71

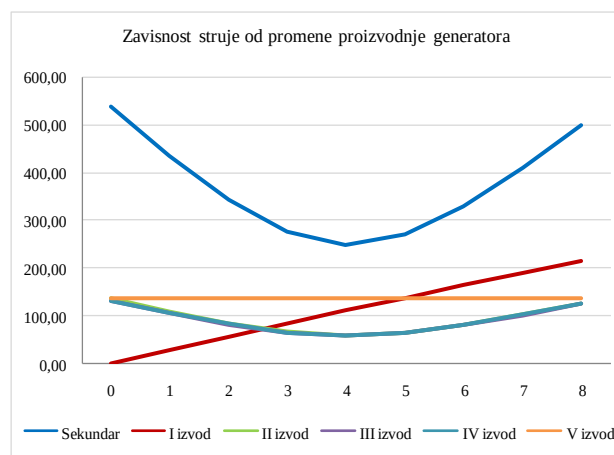
4.3 Uticaj promene proizvodnje DG na vrednosti struja u DM

U ovom poglavlju prikazana je zavisnost vrednosti modula struje od promene snage generatora.

Na slici 3 prikazane su struje na sekundaru RTr i na početku njegovih izvoda u zavisnosti od promene snage generatora. U ovom primeru ukupna snaga svih potrošača

na izvodima je (4+j2) MVA. Snaga generatora se menja od 0 MW do 8 MW.

Na sekundaru RTr za $S_G=0$ MW, nema proizvodnje, svi potrošači se napajaju u celosti preko transformatora. Odnosno snaga izmerena na sekundaru RTr jednaka je ukupnoj snazi svih potrošača razmatrane DM (plus gubici u DM). Sa povećanjem snage generatora, iako snaga potrošača ostaje ista, struja na sekundaru transformatora se smanjuje, jer se sada deo potrošača napaja iz DM. Vrednost modula struje se smanjuje do $S_G=4$ MW, kada se vrednosti proizvodnje i potrošnje aktivne snage izjednače. Ako proizvodnja nastavi da raste, pojaviće se višak aktivne snage u DM, taj višak će se preko RTr posalti u prenosnu mrežu. Samim tim se struja na sekundaru transformatora povećava. Na I izvodu sa povećanjem snage generatora, povećava se i struja. Promene struje na II, III i IV izvodu se poklapaju, na ovim izvodima se dešava slična situacija kao na sekundaru RTr s tim da su vrednosti struje manje. Na V izvodu struja je konstantna jer je priključen samo potrošač.



Slika 3 – Struje na sekundaru RTr i na početku njegovih izvoda u zavisnosti od snage generatora, $S_p = (4+j2)$ MVA

Vrednosti struja na početku izvoda sekundara RTr za tri različite vrednosti snage potrošača: $S_p = (4+j2)$ MVA, (4-j2) MVA i (4+j0) MVA prikazani su u tabeli 3, rezultati su dati za $S_G = 0, 4$ i 8 MW.

Tabela 3 – Vrednosti struje [A] na početku izvoda sekundara pri promeni snage generatora S_G [MVA]

S_p [MVA]	Izvod	$S_G=0$	$S_G=4$	$S_G=8$
(4+j0)	I	0,47	111,19	214,70
	II	120,74	0,47	111,10
	III	117,34	1,58	107,66
	IV	117,34	0,95	112,58
	V	120,74	120,76	120,68
(4+j2)	I	0,48	110,43	213,33
	II	137,09	58,89	125,85
	III	131,77	59,31	124,88
	IV	131,77	58,76	126,94
	V	137,09	137,10	137,01
(4-j2)	I	0,47	111,94	216,08
	II	133,12	56,58	122,61
	III	130,82	56,15	118,46
	IV	130,82	56,66	125,06
	V	133,12	133,13	133,04

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti sledeće:

Moduo struje na sekundaru RTr je najveći kada potrošnja ima vrednost $S_p=(4+j2)$ MVA, a najmanju kada potrošnja ima vrednost $S_p=(4+j0)$ MVA. Struja na I izvodu linearno raste sa povećanjem proizvodnje DG i ima približno jednake vrednosti za sve tri vrednosti potrošnje. Najveće vrednosti struje na II, III i IV izvodu su u trenutku kada nema proizvodnje, odnosno kada je $S_G=0$ MW. Pri povećanju proizvodnje DG smanjuje se vrednost struje na ovim izvodima (za sve tri vrednosti potrošnje) sve do trenutka kada je $S_G=4$ MW, minimalna vrednost struje u tom trenutku dobije se za vrednost potrošnje $S_p=(4+j0)$ MVA. Pri daljem povećanju proizvodnje vrednost struje na ovim izvodima raste (za sve tri vrednosti potrošnje), maksimalna vrednost se dobija za $S_p=(4+j2)$ MVA i $S_G=8$ MW. Struja na V izvodu ima konstantnu vrednost za sve tri vrednosti potrošnje.

4.4 Uticaj promene proizvodnje DG na vrednosti gubitaka snage u DM

Gubitaka aktivne i reaktivne snage DM, u zavisnosti od vrednosti potrošnje na izvodima i snage proizvodnje DG, prikazani su u tabeli 4 i tabeli 5, respektivno.

Tabela 4 – Zavisnost gubitaka aktivne snage [kVA] distributivne mreže od snage generatora S_G [MVA]

S_G [MW]	(4+j0) MVA	(4+j2) MVA	(4-j2) MVA
0	830,97	1063,72	1017,14
1	614,95	840,72	803,81
2	525,78	746,18	716,08
3	556,95	773,40	747,59
4	702,60	916,36	892,59
5	957,38	1169,58	1145,85
6	1316,44	1528,10	1502,59
7	1775,32	1987,35	1958,44
8	2329,94	2543,17	2509,36

Tabela 5 – Zavisnost gubitaka reaktivne snage [kVar] distributivne mreže od snage generatora S_G [MVA]

S_G [MW]	(4+j0) MVA	(4+j2) MVA	(4-j2) MVA
0	513,45	657,23	628,37
1	426,45	565,50	544,36
2	423,27	558,33	543,64
3	499,73	631,45	622,11
4	652,06	780,99	776,07
5	876,83	1003,45	1002,15
6	1170,93	1295,66	1297,26
7	1531,48	1654,68	1658,57
8	1955,86	2077,85	2083,50

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti:

- za sve tri vrednosti potrošnje gubici aktivne snage su najveći kada je snaga generatora 8 MW (najveća vrednost se dobija za $S_p=(4+j2)$ MVA);
- gubici reaktivne snage imaju minimalnu vrednost za potrošnju $S_p=(4+j0)$ MVA, a maksimalnu vrednost za $S_p=(4-j2)$ MVA;
- gubici reaktivne snage u DM su najveći kada je snaga generatora 8 MW za sve tri vrednosti potrošnje S_p .

5. ZAKLJUČAK

Ciljevi savremenih trendova u elektroenergetici teže povećanju energetske efikasnosti i racionalnijem korišćenju postojećih resursa, redukciji emisije štetnih gasova, pokrivanje porasta potrošnje električne energije, smanjenje gubitaka u prenosu električne energije od generatora do potrošača, korišćenju obnovljivih izvora energije, sve navedeno vodi ka povećanom interesovanju za ugradnjom sve većeg broja distributivnih generatora. Priključenje distributivnih generatora na sistem drastično menja prirodu postojeće radialno napajane distributivne mreže od pasivne u aktivnu. Distributivni generatori mogu imati pozitivan uticaj na naponske prilike i kvalitet el. energije. Kada se u mreži više električne energije troši nego što se proizvodi tada svako povećanje proizvodnje distributivnih generatora utiče na smanjenje gubitaka u mreži. Međutim, kada je proizvodnja veća od potrošnje tada se dodatnim povećanjem proizvodnje distributivnih generatora gubici povećavaju. Prilikom planiranja implementacije distributivnih generatora u mrežu neophodno je napraviti detaljnu analizu i izabrati najpovoljniju poziciju i snagu distributivnih generatora kako bi se ostvarili benefiti u korist distributivnog sistema.

6. LITERATURA

- [1] G.Švenda: Specijalizovani softveri u elektroenergetici, skripta sa predavanja iz istoimenog predmeta na master studijama, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2019.
- [2] G.Švenda, Z.Simendić: Adaptive On-Load Tap-Changing Voltage Control for Active Distribution Networks; *Electrical Engineering*, vol. 104, pp. 1041-1056, August 2021. DOI: [10.1007/s00202-021-01357-8](https://doi.org/10.1007/s00202-021-01357-8)
- [3] G.S.Švenda, Z.Simendic, V.Strezoski: Advanced Voltage Control Integrated in DMS, *Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 43, Issue 1, December 2012, pp. 333-343; DOI: [10.1016/j.ijepes.2012.05.014](https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2012.05.014)
- [4] J.Quiros-Tortos, L.F.Ochoa, S.W.Alnaser, et al.: Control of EV charging points for thermal and voltage management of LV networks, *IEEE Trans. on PS*, vol. 31, pp. 3028-3039, July 2016.
- [5] S.Hashemi, J.Østergaard: Methods and strategies for overvoltage prevention in low voltage distribution systems with PV, *IET Renew. PowerGener.*, vol. 11, pp. 205-214, November 2016.
- [6] A.Ul-Haq, C.Cecati, K.Strunz, et al: Impact of Electric Vehicle Charging on Voltage Unbalance in an Urban Distribution Network; *Intell. Ind. Syst.*, vol 1, pp. 51-60, May 2015.
- [7] G.Švenda, V.Strezoski, S.Kanjuh: Real-life distribution state estimation integrated in the distribution management system, *Int. Trans. Electrical Energy Systems*, Vol. 27, Issue 5, e2296, May 2017, pp. 1-16; DOI: [10.1002/etep.2296](https://doi.org/10.1002/etep.2296)
- [8] G.Švenda, S.Kanjuh: Automatically Generated Three-Phase State Estimation for Unbalanced Distribution Power Grids; *IEEE PESGM 2021*, No. 21PESGM2111, July 26-29 2021, USA; DOI: [10.1109/PESGM46819.2021.9638188](https://doi.org/10.1109/PESGM46819.2021.9638188)

Kratka biografija



Predrag Vasiljević rođen je u Ljuboviji 1990. godine. Diplomski rad na Elektrotehničkom fakultetu u Istočnom Sarajevu odbranio je 2014. godine u oblasti Elektrotehnika, smer Elektroenergetika. 2020. godine upisuje master studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Elektroenergetski sistemi.

НАМЕНСКИ ЈЕЗИК И ОКРУЖЕЊЕ ЗА МОДЕЛОВАЊЕ И ГЕНЕРИСАЊЕ ОНЛАЈН КОЛЕКЦИЈЕ АКОРДА ЗА ГИТАРУ**A DOMAIN SPECIFIC LANGUAGE AND A FRAMEWORK FOR MODELLING AND GENERATING ONLINE GUITAR CHORDS COLLECTION**

Владимир Јовановић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКО И РАЧУНАРСКО ИНЖЕЊЕРСТВО

Кратак садржај – У овом раду описан је наменски језик и окружење за моделовање колекције акорда за гитару. Поред наменског језика, описано је и више генератора кода од којих сваки за циљ има генерисање фајлова формата језика за означавање хипертекста (скраћено ХТМЛ) који заједно представљају колекцију акорда за гитару. Креирани наменски језик поједностављује акордизацију песама разврстаних по извођачима и њихово представљање у виду веб страница. За развој мета-модела коришћено је окружење Еклипс Моделинг Фрејмворк (скраћено ЕМФ), за дефинисање ограничења модела коришћен је језик за декларативну спецификацију ограничења (скраћено ОЦЛ), радни оквир Икстекст за развој текстуалне синтаксе и језик Икстенд за развој генератора.

Кључне речи: акорди за гитару, музичка нотација, музика, развој софтвера вођен моделима, наменски језици

Abstract – In this paper we describe a domain-specific language and a framework for guitar chords collection modeling. Besides the language, generators were created with the goal to generate hypertext markup language files as a set of pages that represents online chords collection. The created domain-specific language simplifies songs chordation and their presentation as web pages. Eclipse Modeling Framework was used for the creation of the meta-model, general purpose Object Constraint Language was used to define model constraints, Xtext was used to develop the concrete language syntax, while Xtend was used for the implementation of documentation generators.

Keywords: Guitar Chords, Music Notation, Music, Model-Driven Software Development, Domain-Specific Languages

1. УВОД

Акорд представља групу од три или више тонова који се свирају истовремено или разложено (свирање тонова у низу). Иако је, технички, произвољан број било којих тонова акорд, откривено је да су, у пракси,

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Владимир Димитриески, доцент.

само неки акорди хармонијски употребљиви. Појава акордске прогресије, као начина комбиновања акорда у складу са дефинисаним музичким правилима и основе на којој се заснивају хармонија и ритам једне композиције (песме), значајно је утицала на музичко стваралаштво, првобитно у класичним композицијама и традиционалној музици, а касније и у модерним жанровима насталим у 20. веку (поп, рок, цез, блуз итд.) [1].

Годинама уназад, милиони композиција су записани у облику акордских прогресија и нашли су своје место у штампаним музичким збиркама и књигама. Овај принцип вежбања свирања композиција помоћу записа у папирном облику био је примаран све до појаве првих онлајн колекција гитарских акорда и првих музичких софтвера који су подржавали приказ гитарских акорда. У међувремену су се појавиле хиљаде различитих домаћих и страних веб сајтова на којима корисници могу пронаћи акорде песама, али и објавити своје радове. Од корисника који објављују радове (корисници – аутори) се захтева добро познавање напредних текстуалних едитора, софтвера за креирање аудио записа, као и програмерско знање, како би креирали и објавили комплетне радове који би могли користити корисницима који вежбају свирање одабране песме.

Циљ овог рада је да се омогући свим потенцијалним ауторима да на једноставан начин креирају радове који садрже гитарске акорде и додатне опције, организују их у складу са својим жељама и објављују у виду онлајн колекције. Важно је да се избегне потреба за поседовањем напредног рачунарског знања код корисника, а да начин креирања нотног записа буде сличан оном који би аутори користили приликом записивања на папиру. Приказ радова на страницама треба да буде прегледан, а додатне опције уочљиве и лако применљиве.

2. ПРЕГЛЕД ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА У ОБЛАСТИ

У оквиру овог поглавља дат је преглед најпопуларнијих постојећих веб сајтова, страница и алата за креирање и објављивање акорда песама.

Домаћи популарни гитарски веб сајтови – Гитаре.Инфо (енгл. *Gitare.Info*) и Песмарица.рс (енгл. *Pesmarica.rs*), као и глобално најпосећенији гитарски веб сајт Ултимејт-Гитар.цом (енгл. *Ultimate-Guitar.com*), користе сличан принцип приказа радова

(песма са акордима) на страницама. На страници песме се приказују наслов, текст и ознаке акорда на одговарајућим позицијама у односу на текст. На сајтовима Песмарица.рс и Ултимејт-Гитар.цом понуђен је и ограничен број помоћних опција. Креирање и објављивање радова на сајту Гитаре.Инфо омогућено је само администраторима, од којих се захтева програмерско знање, док се на осталим анализираним сајтовима, нуди опција увоза радова у одговарајућим форматима или употреба уграђених текстуалних едитора, који захтевају добро познавање алата овог типа.

Алат за креирање и репродукцију нотног записа и таблатура за гитару ГитарПро (енгл. *GuitarPro*) нуди могућност креирања акордских прогресија. Овај поступак није компликован, али даља подешавања дужина интервала акорда и њихово придруживање тексту песме може бити проблематично за кориснике који не поседују напредно знање за рад у алатима овог типа.

Описани принципи креирања и објављивања радова, у значајној мери ограничавају број корисника - аутора.

3. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ И ОПИС КОРИШЋЕНИХ ТЕХНОЛОГИЈА

Како би поступак израде решења за поменути проблем био јаснији, као и циљ рада, потребно је представити теоријске основе коришћених концепата и коришћене технологије. У овом поглављу представљена је дефиниција и структура наменског језика и трансформација модела, као и коришћене технологије.

Наменски језици (енгл. *Domain-Specific Languages*, скраћено ДСЛ) су дизајнирани посебно за одређен домен, контекст, или компанију, како би олакшали задатке људима који треба да опишу ствари у том домену [2]. Сваки наменски језик дефинисан је кроз три кључна елемента:

- **Апстрактна синтакса** – описује структуру језика и начин на који се различити примарни елементи могу међусобно комбиновати, независно од било које конкретне репрезентације или кодирања [2].
- **Конкретна синтакса** – описује одређену репрезентацију језика моделовања, укључујући кодирање и/или проблеме визуелне презентације. Приликом моделовања, креатор се највише осврће на конкретну синтаксу. Конкретна синтакса може бити: текстуална и графичка конкретна синтакса [2].
- **Семантика** – описује значење елемената дефинисаних у језику и значење различитих начина комбиновања ових елемената [2].

Модел у текст трансформације (скраћено *M2T*) су употребљене како би се постигла транзиција од нивоа модела до нивоа кода. Имплементирани генератори кода, са креираним шаблонима, омогућавају да се концепти дефинисани у оквиру модела, описаног помоћу наменског језика, трансформишу у код и сместе у фајлове одговарајућих формата.

За креирање мета-модела, његове динамичке инстанце и генерисање кода на основу креираног мета-модела, коришћен је радни оквир за моделовање и генерисање кода намењен за креирање алата и других апликација заснованих на структурираном моделу података, Еклипс Моделинг Фрејмворк (енгл. *Eclipse Modeling Framework*) [3].

Ограничења наменског језика, која није било могуће дефинисати у оквиру мета-модела креираног помоћу ЕМФ Икора (енгл. *EMF Ecore*), дефинисана су накнадно употребом језика за декларативну спецификацију ограничења (енгл. *Object Constraint Language*).

Текстуална граматика наменског језика генерисана је аутоматски и прилагођена, а затим су унутар радног оквира Икстекст (енгл. *Xtext*), генерисани њени артефакти. Икстекст представља технологију за дефинисање језика и едитора.

За креирање генератора помоћу којих се генеришу одговарајуће веб странице колекције, коришћен је програмски језик Икстенд (енгл. *Xtend*).

4. НАМЕНСКИ ЈЕЗИК ЗА МОДЕЛОВАЊЕ ОНЛАЈН КОЛЕКЦИЈЕ АКОРДА ЗА ГИТАРУ

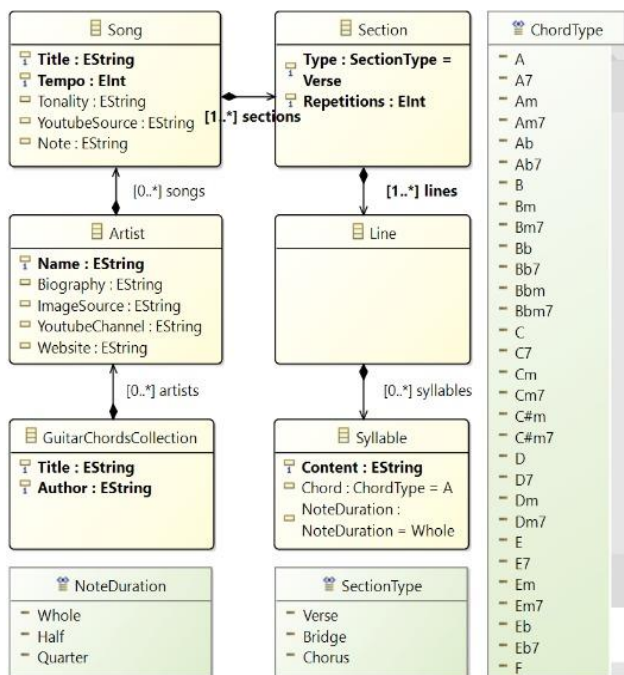
Како би се успешно израдило решење проблема описаног у раду, потребно је проћи кроз неколико корака имплементације. Први корак представља креирање мета-модела са концептима који одговарају елементима акорда једне песме, као и елементима везаним за извођача песме и изглед саме веб странице. У следећем кораку генерише се граматика наменског језика и прилагођава жељеном изгледу, а затим се имплементирају генератори помоћу којих се генеришу фајлови жељених формата.

4.1. Апстрактна синтакса

Апстрактна синтакса креирана је помоћу ЕМФ окружења описаног у претходном поглављу (Слика 4.1).

Коренски концепт апстрактне синтаксе јесте колекција акорда (*GuitarChordsCollection*), где корисник приликом креирања уноси основне податке као што су назив онлајн колекције акорда и назив аутора колекције. Колекција садржи неограничен број извођача (*Artist*), где за сваког извођача корисник уноси податке као што су назив, биографија, адреса веб сајта итд. За сваког извођача могуће је дефинисати неограничен број песама (*Song*), за које корисник такође уноси детаљан опис.

Свака песма је сачињена од једне или више секција (*Section*), које могу бити различитог типа и више пута се понављати. Секције су подељене по стиховима (*Line*), док су стихови подељени на слоге (*Syllable*), за које су везани текстуални садржај, акорд који се свира за тај слог, као и дужина ноте односно интервала акорда. Типови секције и дужине нота су наведени у енумерацијама.



Слика 4.1 – Мета-модел наменског језика *ChordsDsl*

Већина ограничења су представљена у оквиру Икор (енгл. *Ecore*) мета-модела на нивоу атрибута и помоћу еnumerација. За ограничења која није било могуће дефинисати у оквиру Икор мета-модела, коришћен је Еклипс ОЦЛ (енгл. *Eclipse OCL*). Дефинисано је ограничење опсега за темпо песме, као и ограничење броја понављања једне секције песме (Листинг 4.1)

```

class Section
{
    attribute Type : SectionType[1];
    attribute Repetitions : ecore::EInt[1];
    property lines : Line[+1] { ordered composes };
    invariant RepetitionsNumberConstraint:
        self.Repetitions > 0;
}

```

Листинг 4.1 – Пример дефинисања ограничења помоћу језика ОЦЛ

4.2. Конкретна синтакса

На основу коренске класе *GuitarChordsCollection* генерисана је граматика, а затим прилагођена жељеном изгледу језика.

Приликом прилагођавања граматике жељеном изгледу, у односу на аутоматски генерисану граматiku Икстекст, измењено је следеће:

- све витичасте заграде, осим заграда које означавају почетак и крај коренског концепта (*GuitarChordsCollection*), су избачене;
- приликом дефинисања концепта извођача и песме, на почетку реда се поставља ознака „-“, након чега следи кључна реч (*Artist/Song*), назив извођача/песме, и ознака „:“, а затим следи навођење обележја концепта;
- почетак и крај стиха у песми се означавају ознаком „-“, док се акорди дефинишу на почетку слога у стиху, тако што се у угластим заградама наводи ознака акорда и дужина интервала акорда, раздвојена ознаком „|“;

- уведене су нове кључне речи, као што су назив секције песме и ознака „x“, која у комбинацији са позитивним целим бројем, представља ознаку броја понављања одређене секције песме.

4.3. Пример модела описаног наменским језиком *ChordsDsl*

За пример употребе наменског језика *ChordsDsl* (Листинг 4.2) креирана је нова колекција, са једним извођачем, за ког је дефинисана једна песма.

```

GuitarChordsCollection "Collection" "Vladimir"
{
    -Artist "Massimo Savic":
        Biography: "Rodjen je u Puli 6. juna 1962."
        ImageSource: "https://opusteno.rs/pevac-6.jpg"
        YoutubeChannel: "https://www.youtube.com/recod"
        Website: "https://sh.wiki.org/wiki/Massimo"
        Songs:
            -Song "Iz jednog pogleda":
                Tonality: "0"
                Tempo: 80
                YoutubeSource: "https://www.youtube.com/mass"
                Note: "Nije potreban capo."

            Section Verse
            -Pusti da [C]ono malo lju[D]bavi sto [Em]za
              mene [Bm7]ti-
            -jos cuvas [C]padne sada [D]na ovaj st[Em]ih-

            Section Chorus x 2
            -Iz jednog [Am]pogleda ja do[D]znajem[Em]sve-
            -zbog jednog [C]dodi[Am]ra i to [D]ubija
              [Em]me-
}

```

Листинг 4.2 - Пример модела

Корисник, осим опције дефинисања целе колекције, има и опцију накнадног додавања песме у оквиру постојеће колекције. Приликом креирања песме, поред дефинисања свих претходно поменутих концепата везаних за песму, потребно је навести и тачан назив постојећег извођача у колекцији и тачан назив колекције у коју се песма додаје. Исти је поступак и за накнадно додавање извођача у колекцију.

Описаним поступком омогућено је да корисник, без употребе програмских језика и напредних текстуалних едитора, само уз помоћ једноставне текстуалне синтаксе, креира радове (песме са акордима), објављује их у облику структуриране колекције и модификује колекцију у складу са својим потребама.

5. ГЕНЕРИСАЊЕ ФАЈЛОВА

Након детаљног описа свих фаза имплементације наменског језика *ChordsDsl*, у овом поглављу дат је опис начина имплементације генератора и фајлова који се генеришу, описаних у претходном поглављу.

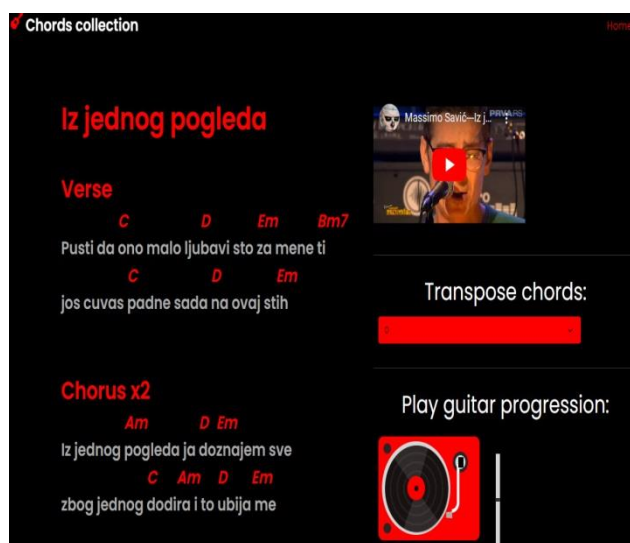
За имплементацију генератора потребно је креирати шаблоне Икстенд који одговарају структури фајлова ХТМЛ (енгл. *HTML*) и жељеном изгледу веб страница које ти фајлови представљају.

Имплементирана су четири генератора:

- *ChordsDslGenerator* – генерисан је аутоматски приликом генерисања артефакта

Икстекст, а касније је прилагођен. Из овог генератора се позивају и покрећу сви остали генератори.

- *IndexHtmlGenerator* – у оквиру овог генератора имплементиран је шаблон Икстенд за креирање фајла ХТМЛ, са елементима и функцијама, који представља почетну страницу онлајн колекције акорда. У оквиру шаблона укључени су мета подаци, стилови, функције Јаваскрипт (енгл. *JavaScript*) и дефинисани елементи за приказ заглавља и подножја странице, као и садржаја странице који обухвата листу додатих извођача у колекцији.
- *ArtistHtmlGenerator* – већина елемената шаблона овог генератора слична је претходно описаном шаблону, у циљу да се одржи конзистентност и прегледност повезаних веб страница у колекцији. Суштинска разлика направљена је у оквиру елемента *body*, где су приказане информације о извођачу, као и листа песама одабраног извођача.
- *SongHtmlGenerator* – шаблон имплементиран у оквиру овог генератора такође поседује већину елемената који су слични или идентични елементима шаблона претходна два описана генератора. Разлике су приметне у секцији са елементима који формирају основни садржај странице. На левој половини странице додати су елементи за приказ текста и акорда песме, док се на десној страни налазе помоћне опције (опције за приказ оригиналног извођења песме, приказ употребљених акорда, транспоноване акорда, преслушавање аудио симулације свирања одабране песме итд.) са функционалностима имплементираним у комбинацији са функцијама Јаваскрипт.



Слика 5.1 – Изглед странице одабране песме

На основу претходно дефинисаног примера модела, употребом описаних генератора, генерисана су три

повезана фајла ХТМЛ, која заједно представљају крајњи резултат – колекцију акорда за гитару (Слика 5.1).

6. ЗАКЉУЧАК

Наменски језик *ChordsDsl*, описан у овом раду, омогућава креирање повезаних веб страница, које заједно представљају онлајн колекцију песама са акордима за гитару, разврстаних по извођачима. Поред наменског језика, у раду је описано и више генератора, од којих сваки за циљ има генерисање одређеног типа веб странице, у зависности од тога да ли се ради о почетној страници, страници извођача или веб страници песме.

Језик поседује концепте којима су детаљно описани сви елементи неопходни за дефинисање акорда песме, креирање додатних опција и адекватну презентацију креираног садржаја у виду веб страница. Приликом употребе језика, од корисника се не захтева да поседује програмерско знање, довољно је да познаје синтаксу језика.

Мотивација за израду наменског језика била је да се што више поједностави обрада песама, у смислу доделе и распоређивања одговарајућих акорда у песми, као и презентовање креираних радова. Решење је намењено ауторима који немају довољно техничког знања да самостално креирају и презентују овакав тип садржаја.

Наменски језик *ChordsDsl* би се могао додатно проширити увођењем опције за дефинисање соло деоница одређене песме, што би употпунило радове аутора. Ово проширење би захтевало увођење додатних концепата и правила у оквиру језика, као и осмишљавање начина приказа оваквих деоница. Такође би се могли увести нови генератори, који би генерисали фајлове одговарајућих формата, који би се даље могли увести и користити у оквиру постојећих музичких софтвера или преузети као документ.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Chord progressions, доступно на: <https://www.britannica.com/art/chord-music>
- [2] Marco Branbilla, Jordi Cabot, Manuel Wimmer, Model-Driven Software Engineering in Practice Morgan & Claypool Publishers 2012.
- [3] Eclipse Modeling Framework (EMF), документација, доступно на: <https://www.eclipse.org/modeling/emf>

Кратка биографија:



Владимир Јовановић рођен је 1996. године у Сомбору, Република Србија. Факултет техничких наука уписао је 2015. године. Дипломски рад из области Електротехника и рачунарство – Рачунарске науке и информатика одбранио је 2020. године. Мастер студије на Факултету техничких наука уписао је 2020. године.

СИСТЕМ ЗА АУКЦИЈЕ НЕЗАМЕНЉИВИХ ТОКЕНА SYSTEM FOR AUCTIONS OF NON-FUNGIBLE TOKENS

Стеван Рашковић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – РАЧУНАРСТВО И АУТОМАТИКА

Кратак садржај – У овом раду је описан систем за једнодневне аукције незамењивих токена, чији су подаци смештени на блокчејну, на *Ethereum* мрежи. Описана је и примена замењивих токена као начина за гласање у оквиру децентрализоване независне организације. Поред тога, описани су основни концепти блокчејн технологије.

Кључне речи: блокчејн, паметни уговори, независне децентрализоване организације, незамењиви токени

Abstract – This paper presents a blockchain system on *Ethereum* that handles daily auctions of non-fungible tokens, with metadata being completely on-chain. Besides that, fungible tokens and their applications as voting tokens inside a decentralized autonomous organization are also presented. Additionally, the paper gives introduction to the fundamentals of blockchain technology.

Keywords: blockchain, smart contracts, decentralized autonomous organizations, non-fungible tokens

1. УВОД

Велика мана централизованих система јесте то што постоји један ентитет који има контролу над читавим системом, а то захтева постојање поверења свих учесника у тај ентитет.

Блокчејн, као технологија која почива на децентрализацији, омогућава стварање система који су потпуно транспарентни, где сви учесници могу да виде шта се дешава у систему. На тај начин елиминише се централизовани ентитет ком је потребно веровати.

Овај рад бави се аукцијама и аутономним децентрализованим организацијама на *Ethereum* блокчејну. Као предмет аукције користе се незамењиви токени, чији се метаподаци, у потпуности налазе на блокчејну без централизованих компоненти. У раду је описана и примена замењивих токена као механизма за гласање у оквиру организације на блокчејну.

2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ

2.1. Блокчејн

Блокчејн у својој основи представља дистрибуирану базу података која може да складишти било које податке [1]. Блокчејн је децентрализован, што значи да не постоји централизовано место где се чувају подаци и диктирају њихове промене, већ се идентична копија

базе налази на свим чворовима који чине блокчејн мрежу. Промене података одвијају се трансакцијама које се групишу у блокове, где се нови блок криптографским механизмима уланчава са претходним. Договор око тога како изгледа нови блок одвија се путем изабраног механизма консензуса [2]. Блокчејн користи криптографске механизме да обезбеди кориснике и податке. Једна битна карактеристика је да је историја непромењива, тако да нико на своју руку не може изменити трансакцију која се налази у неком блоку [3]. Такође, елиминише се потреба за постојањем централизованог ентитета коме сви морају веровати.

2.2. *Ethereum*

Ethereum је блокчејн мрежа замишљена као аутомат чије се стање мења трансакцијама. У *Ethereum* свету постоји један рачунар који се назива *Ethereum* виртуелна машина (*EVM*) и око чијег стања постоји консензус [4]. Сваки учесник у мрежи може да пошаље захтев за извршење трансакције чиме се мења стање и та промена се пропагира кроз целу мрежу.

Ether (ETH) је главни токен, односно криптовалута на *Ethereum* мрежи која се користи за слање трансакција или креирање паметних уговора.

Налози на *Ethereum* блокчејну су ентитети који граде стање мреже. Сваки има адресу, састављену од 20 бајтова. Постоје 2 типа налога, споља контролисан (енг. *externally owned account*), кога контролише приватни кључ и који може да шаље трансакције, и налог паметног уговора који имају свој програмски код и не могу сами покретати трансакције.

2.3. Паметни уговори на *Ethereum* блокчејну

Паметни уговори (енг. *Smart Contracts*) су уговори између страна који се складиште на блокчејну и извршавају се када се испуне унапред дефинисани захтеви [5]. Као и све што се складишти на блокчејн мрежи, тако и паметни уговори имају особину да нико на своју руку не може да уради нешто што тај уговор не дозвољава. Паметни уговори су програми, тако да су сви услови репрезентовани програмским кодом. Битне погодности које нуде паметни уговори јесу елиминација треће стране којој је потребно веровати, елиминацију папира које је потребно потписивати и чувати, транспарентност и безбедност које доноси блокчејн технологија као и многе друге.

Паметни уговори на *Ethereum* мрежи јесу један тип налога и имају свој програмски код. *EVM* може да извршава програме написане у *EVM Bytecode*-у који је језик ниског нивоа и поседује скуп инструкција које програми могу да користе. Постоје и виши про-

НАПОМЕНА:

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

грамски језици у којима је могуће писати паметне уговоре а чији код се може превести у *EVM Bytecode*. Један он најпопуларнијих је *Solidity*, објектно-оријентисан статички типизирани програмски језик.

2.4. Замењиви токени на *Ethereum* мрежи

Замењиви токени (енг. *Fungible Tokens*) су добра која нису јединствена и често су дељива [6]. Пример замењивог токена била би било која валута, на пример динар. Сваки динар има идентичну вредност, једну новчаницу од 100 динара је могуће заменити са две од 50 и вредност се не мења.

У *Ethereum* свету замењиви токени су стандардизовани *ERC-20* стандардом [7]. Стандард намеће интерфејс који треба да имплементирају паметни уговори који представљају овај тим токена. Такође стандард прописује и догађаје које је потребно забележити како би апликације које користе овај паметни уговор лакше могле да примете промене.

2.5. Незамењиви токени на *Ethereum* мрежи

Незамењиви токени (енг. *Non-Fungible Tokens, NFT*) су добра која су јединствена и сваки токен има своју вредност и особине које их међусобно разликују [8]. Типични примери овакве врсте токена су уметничка дела, јер свако је јединствено и заменом једног за друго не може се добити идентична ствар. Такође некретнине или личне карте би могле бити пример незамењивих токена. На *Ethereum* мрежи ови токени су представљени *ERC-721* стандардом [9]. Као и код замењивих токена, стандард прописује функције које је потребно имплементирати.

Метаподаци токена су такође стандардизовани. За складиштење метаподатака се могу користити различите опције, најчешће су то централизовани сервер (база података) или *IPFS*. Прва опција уводи један ентитет који у потпуности контролише податке и може да их промени на своју руку у било ком тренутку. *IPFS* гарантује непромењивост садржаја, али не постоји гаранција да ће фајлови увек бити доступни. Опција која ће се примењивати у овом раду је складиштење података на блокчејну - метаподаци се налазе у меморији паметног уговора. Предност овог приступа је то што су подаци увек доступни, међутим цена складиштење података и ограниченост простора могу бити проблем.

2.6. Независне децентрализоване организације

Независне децентрализоване организације (енг. *Decentralized Autonomous Organization, DAO*) су управљачке структуре без централног ентитета ком учесници морају да верују [10]. За имплементацију *DAO* структура користи се низ паметних уговора тако да су сва правила постављена кроз програмски код. За чланство се најчешће користе неки од претходно описаних токена. Идеја је да чланови заједно одлучују о томе у ком смеру се креће организација и на шта се троше средства која *DAO* поседује. Често се при имплементацији користи и *Timelock* уговор који има за циљ да одложи извршавање неког усвојеног предлога како би они који се са тим не слажу имали времена да је напусте пре примене тог предлога.

3. МОДЕЛ СИСТЕМА

Апликација којом се овај рад бави замишљена је као решење које је у потпуности независно од централизованих сервера, односно сва логика је реализована као скуп паметних уговора. Систем се састоји од *NFT* колекције која све податке чува на блокчејну. Колекција представља слике тзв. *смајлија* који имају следеће особине: позадина, лице, очи, уста, шешир и бркови. Свака особина има различите могуће вредности, од којих све вредности имају другачије вероватноће јављања.

Сваког дана креира се по један *NFT* и налази се на аукцији која траје 24 часа. Током тог периода било ко може да остави понуду. По истеку аукције, токен се пребацује победнику док *ETH* којим је плаћен токен пребацује на налог *DAO* организације. Истовремено се прави и нова аукција која траје 24 часа. Победник аукције такође добија и поене за гласање у вредности коју носи токен који је купљен. Број поена зависи од тога које вредности токен има за своје атрибуте - што су вредности ређе то токен носи више поена, који представљају гласове у оквиру организације. Онај ко оконча аукцију такође добија мали број гласачких поена, као накнаду за цену коју плати да би извршио ту трансакцију. Власник може своје поене да да на управљање некој другој страни.

У оквиру *DAO* организације било ко, чак и ако не поседује гласачке поене, може да поднесе предлог. Предлог се састоји од трансакција на блокчејну које могу бити или обичан пренос *ETH* токена, или позиви функција паметног уговора. Када се предлог постави, постоји одређен период пре него што крене гласање. Током тог периода могуће је извршити делегирање гласова, али било које увећање гласачких поена неће бити регистровано како би се спречила куповина гласова. Након периода гласања, уколико предлог прође, он поново мора да сачека одређен период пре него што се трансакције изврше како би било ко незадовољан исходом гласања могао да одреагује како жели, на пример да напусти организацију. Након тога, било ко може да покрене извршење трансакција.

Да би предлог прошао, мора да добије просту већину гласова, као и да је укупан број гласова довољно велик, односно да постоји кворум.

4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА

За имплементацију је употребљен *Solidity* програмски језик. Решење је развијано уз употребу *Hardhat* окружења за развој *Solidity* апликација које, поред осталог, даје могућност покретања локалног *EVM* блокчејна. Клијентски део апликације написан је употребом *Next.js* радног оквира и *Tailwind* библиотеке. За комуникацију са блокчејном употребљена је библиотека *ethers.js*. У наставку ће бити описан само део система на блокчејну.

4.1. Паметни уговор *SmileyAttribute*

Сваки од атрибута смајли токена имплементиран је по једном инстанцом *SmileyAttribute* паметног уговора. Уговор је описан *ISmileyAttribute* интерфејсом, који је приказан на листингу 1.

```

interface ISmileyAttribute {
    //returns name of the attribute
    function getAttributeName() external view returns (string
        memory);
    //retrives name of i-th value
    function getValueName(uint80 index) external view
        returns (string memory);
    //returns SVG string of i-th value
    function getSVGData(uint80 index) external view returns
        (string memory);
    // "randomly" picks value taking weights into
    consideration
    function pickRandomValue() external view returns
        (uint80 value);
    //return how much points certain value worth
    function getPoints(uint80 index) external view returns
        (uint256 value);
}

```

Листинг 1. Интерфејс *ISmileyAttribute*

За сваку могућу вредност атрибута чува се његов SVG опис, назив и учесталост јављања и број поена који носи. Функција *pickRandomValue* на случајан начин бира једну од могућих вредности и враћа њену нумеричку ознаку, док *getSVGData* за дату нумеричку ознаку враћа SVG код за ту вредност атрибута.

4.2. Паметни уговор *SmileyVotingToken*

SmileyVotingToken паметни уговор моделује гласачке поене у систему и заснован је на *ERC20* стандарду за замењиве токене.

За основне функционалности које прописује *ERC20* стандард, *SmileyVotingToken* користи имплементацију од стране *OpenZeppelin* библиотеке која покрива све захтеве из стандарда. Из ове библиотеке наслеђен је и *ERC20Votes* паметни уговор. Он има механизме за чување података о броју токена било које адресе за сваки блок на мрежи. У паметни уговор додата је и функција *mint*. Улога ове функције је да креира нове токене за адресу која јој се проследи.

SmileyVotingToken уводи ограничење да се *mint* функција може позвати само од стране једне одабране адресе, која се касније може поставити на адресу паметног уговора који управља аукцијама како би само он могао да издаје нове токене.

4.3. Паметни уговор *SmileyNFT*

Како је овај уговор једна *NFT* колекција, за основне операције над токенима које прописује стандард као и код претходних уговора наслеђен је паметни уговор из *OpenZeppelin* библиотеке. За генерисање идентификатора токена користи се бројач.

Паметни уговор има листу *ISmileyAttribute* инстанци, по једну за сваки атрибут смајлија као и мапу где се за сваки токен чувају нумеричке ознаке вредности одговарајућих атрибута.

Функција *mint* приказана на листингу 2 служи за креирање новог токена и може је позвати само *minter* адреса, која је овом систему постављена на адресу паметног уговора који управља аукцијама. Приликом креирања новог токена бројач се увећава за један и тако се добија идентификатор новог токена. Затим се позива наслеђена *_mint* функција која ће генерисати токен и повезати га са новим власником. У оквиру *metadata*

поља овог паметног уговора даље се додају вредности атрибута новонасталога токена, при чему вредности на псеудослучајан начин бирају *SmileyAttribute* инстанце на начин који је претходно описан. Процес се завршава објављивањем *SmileyMinted* догађаја.

```

function mint() public override minterOnly returns (uint256) {
    _tokenIds.increment();
    uint256 newItemId = _tokenIds.current();
    _mint(msg.sender, newItemId);
    for (uint16 i = 0; i < attributes.length; i++) {
        metadata[newItemId].push(attributes[i].pickRandomValue());
    }
    emit SmileyMinted(newItemId);
    return newItemId;
}

```

Листинг 2. Функција *mint* *SmileyNFT* уговора

Пошто токени треба да прате стандард и могу бити излистани на продавницама *NFT* токена, слике које ће се приказивати морају се из функције *tokenURI* паметног уговора вратити као *Base64* енкодоване. Употребом *abi.encodePacked* функције спајају се одговарајуће вредности за сваки атрибут, заједно са коренским SVG елементом. На крају се додају префикс за ознаку типа енкодованог *Base64* садржаја и врши енковање употребом екстерне библиотеке.

У функцији *tokenURI* на идентичан начин се генерише целокупан опис токена, који укључује име, опис, списак атрибута и њихових вредности као и генерисану SVG слику. Овакав опис се поново пакује као *Base64* енкодован садржај.

4.4. Паметни уговор *SmileyAuction*

SmileyAuction је паметни уговор који служи за управљање активном аукцијом, има привилегију да креира нове смајли токене и води рачуна о пристиглим понудама.

Паметни уговор поседује поља које означавају колико трају аукције, колики је минимални проценат повећања наредне понуде и слично. Ови параметри се могу конфигурирати од стране *DAO* организације.

Приликом креирања аукције генерише се нови токен у *SmileyNFT* паметном уговору, креира се нова аукција са тренутним вредностима за параметре аукције и објављује се догађај. Прва аукција мора бити покретна од стране адресе која је власник уговора, а покретање сваке наредне аукције је аутоматски након окончања претходне.

Уговор има функцију *completeAuctionAndStartNew* коју може позвати било ко, а која ће окончати тренутну аукцију, креирати нову и доделити адреси која је позвала функцију три поена за гласање. Ова функција позива друге две интерне функције, од којих је једна *_completeAuction* која садржи логику за окончање тренутне аукције. На почетку се врше провере да ли постоји тренутно активна аукција, да ли је аукција већ завршена, као и да ли је могуће завршити аукцију у датом тренутку. Уколико су услови испуњени аукција се означава завршеном. Уколико постоји нека понуда, смајли токен се пребацује на адресу која је оставила понуду, у супротном токен се пребацује *DAO* организацији. Уколико купац постоји,

њему се поред токена додају и гласачки поени а *ETH* токени којима је платио смајли се пребацују *DAO* организацији. На крају се у сваком случају емитује догађај за крај аукције.

4.5. Паметни уговори *SmileyGovernor* и *TimeLock*

DAO у оквиру система је, направљена уз ослонац на *OpenZeppelin* библиотеку. Имплементирана је са два паметна уговора: *SmileyGovernor* и *TimeLock*.

TimeLock паметни уговор само наслеђује *Timelock-Controller* из раније поменуте библиотеке. Улога овог паметног уговора јесте та да се након сваког успешног предлога трансакције које је потребно извршити додају у овај паметни уговор, затим се чека унапред дефинисан период а након тога је могуће извршити те трансакције. У овом систему трансакције ће моћи додавати само *SmileyGovernor*, а то ће радити након што неки предлог буде изгласан.

SmileyGovernor садржи логику везану за предлоге и гласање. Уговор користи друге паметне уговоре из *OpenZeppelin* библиотеке и повезује их у једну целину. *DAO* је у *OpenZeppelin* библиотеци реализован модулarno, где је основа апстрактни уговор *Governor* који садржи основу логику за додавање предлога и гласања и позива апстрактне функције које је потребно преклопити и реализовати жељену логику. У понуди су и други паметни уговори који имплементирају поједине апстрактне функције на начине које се најчешће користе у индустрији, тако да је могуће искористити вишеструко наслеђивање и на тај начин креирати целокупно решење. То је управо приступ који је употребљен у овом раду.

У наставку су дати описи паметних уговора који су наслеђени из *OpenZeppelin* библиотеке. *Governor-CountingSimple* служи за бројање гласова и нуди три врсте гласова: за, против и уздржан. *GovernorVotes-QuorumFraction* рачуна да ли је прикупљен довољан број гласова од укупног броја. *GovernorTimelock-Control* контролише *TimeLock* уговор, односно садржи логику која ће додати трансакције у *TimeLock* када се неки предлог изгласа. Такође може да мења и његове временске параметре.

5. ЗАКЉУЧАК

У овом раду описани су основне карактеристике и начин функционисања блокчејн технологије, уз акценат на *Ethereum* блокчејн. Иако је блокчејн првобитно кориштен за размену дигиталног новца, његова популарност и употреба непрестано се шире кроз многе друге сфере. Примене блокчејна расту непрекидно и у будућности ће свакако бити све више области у којима се примењује ова технологија.

Рад се фокусира на употребу замењивих и незамењивих токена на блокчејну и на управљачке структуре на блокчејну као што су независне децентрализоване организације. Употреба токена на блокчејну има многе примене, од креирања нових криптовалута, стварања дигиталних уметничких колекција па све до улазница за догађаје.

Организације на блокчејну елиминишу потребу за централизованим ентитетом ком остали учесници морају да верују и у потпуности елиминише потребу за поверењем. У раду је представљен и начин функционисања аукција на блокчејну.

Описана је употреба незамењивих токена у потпуности смештених на блокчејну. Предност оваквих токена лежи у томе што не постоји ризик да ће подаци нестати као што се дешавало раније са неким токенима који су метаподатке смештали на централизованим серверима. Овакав приступ има и своје мане, а једна од највећих јесте цена постављање података на блокчејн која може бити велика.

Рад може да послужи за упознавање са основним концептима *Ethereum* блокчејн технологије, као и начину функционисања замењивих и незамењивих токена и децентрализованих независних организација направљених употребом паметних уговора.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/what-is-blockchain/> (приступљено у марту 2023.)
- [2] <https://crypto.com/university/consensus-mechanisms-in-blockchain> (приступљено у марту 2023.)
- [3] <https://101blockchains.com/introduction-to-blockchain-features> (приступљено у марту 2023.)
- [4] <https://ethereum.org/en/developers/docs/intro-to-ethereum/> (приступљено у марту 2023.)
- [5] <https://www.ibm.com/topics/smart-contracts> (приступљено у марту 2023.)
- [6] <https://cointelegraph.com/learn/fungible-vs-nonfungible-tokens-what-is-the-difference> (приступљено у марту 2023.)
- [7] <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-20> (приступљено у марту 2023.)
- [8] <https://www.businessinsider.com/personal-finance/nft-meaning> (приступљено у марту 2023.)
- [9] <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-721> (приступљено у марту 2023.)
- [10] <https://www.investopedia.com/tech/what-dao/> (приступљено у марту 2023.)

Кратка биографија:



Стеван Рашковић рођен је Руми 1996. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Рачунарство и аутоматика – Електронско пословање одбрањено је 2023. године.

контакт: lordsteva@gmail.com

POREĐENJE KORISNIČKOG ISKUSTVA U RADU SA FACEBOOK, INSTAGRAM I LINKEDIN DRUŠTVENIM MREŽAMA**COMPARISON OF USER EXPERIENCE IN WORKING WITH FACEBOOK, INSTAGRAM AND LINKEDIN SOCIAL NETWORKS**

Jana Novaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu dat je opis, kao i poređenje interfejsa društvenih mreža kroz korisničko iskustvo. Na osnovu detaljne analize glavnih funkcionalnosti i istraživanja interfejsa svake od njih, izvedeni su zaključci o tome koliko je i za čega svaka od njih pogodna za korišćenje. Svrha čitave analize jeste doći do odgovora kojom strategijom i uz pomoć koje društvene mreže korisnik može da ostvari svoj cilj.

Ključne reči: društvena mreža, interfejs, korisničko iskustvo.

Abstract – This paper provides a description, as well as a comparison of social network interfaces through user experience. Based on a detailed analysis of the main functionalities and research of the interface of each of them, conclusions were drawn about how much and for what each of them is suitable for use. The purpose of the entire analysis is to arrive at an answer with which strategy and with the help of which social network the user can achieve his goal.

Keywords: social network, interface, user experience.

1. UVOD

Savremeni život gotovo je nemoguće zamisliti bez postojanja društvenih mreža. Njihova rasprostranjenost obuhvatila je sve delove života današnjeg čoveka gotovo svih generacija. Iako su dostupne, pružaju mogućnost besplatne komunikacije, a razmena informacija je postala još pristupačnija i brža.

Cilj ovog istraživanja jeste da se na jasan i jednostavan način, kroz metodologiju, uporede i opišu društvene mreže Facebook, Instagram i LinkedIn, kao i da se prikažu dobri i loši aspekti interfejsa svake od njih. Kroz ovaj rad prikazano je poređenje i opis određenih kategorija kao što su registracija i logovanje, interfejs određenih stranica i sistem za razmenu poruka. Metodologija koja se koristi jeste "Dizajn baziran na korisnikovom iskustvu".

Struktura rada je sledeća. U drugom poglavlju objašnjeni su osnovni teorijski koncepti i istorija razvoja društvenih mreža. Treće poglavlje prikazuje pregled stanja u oblasti. U četvrtom poglavlju prikazana je metodologija i detaljan opis i poređenje istraživanih mreža, dok se njihov sažetak

nalazi u petom poglavlju kroz uporedni prikaz poređenja. I na kraju, šesto poglavlje reprezentuje zaključak celokupnog rada.

2. OSNOVNI TEORIJSKI KONCEPTI I ISTORIJA RAZVOJA DRUŠTVENIH MREŽA

Jedna od definicija društvene mreže je da je društvena mreža veb servis koja korisnicima omogućava raznovrsne vidove komunikacije i mogućnost lične prezentacije [1]. Da bi uopšte moglo da se govori o društvenim mrežama, potrebno je početi od razvoja interneta odnosno ARPANET-a [2]. ARPANET je prva računarska mreža na svetu koja je omogućila razmenu paketa podataka, a prvi put je uspostavljena 29. oktobra 1969. godine. Prva moderna društvena mreža pojavljuje se 2002. godine pod nazivom Friendster. Ubrzo zatim već u decembru iste godine nastala je mreža LinkedIn [3] u Sanivejlu. Njeni osnivači su Rid Hofman, Alen Blu, Konstantin Gvericke, Erik Li i Žak-Luk Vajlant. Ona predstavlja poslovnu društvenu mrežu i namenjena je povezivanju poslodavaca i ljudi koji traže posao. Društvena mreža Facebook [4] prvobitno je bila poznata pod nazivom Facemash 2003. godine, dok je njena finalna, danas poznata verzija lansirana 4. februara 2004. godine u Kembridžu. Osnivači su Mark Zakerberg, Eduard Saverin, Dastin Moskvic i Kris Hjuž. Ova mreža omogućava društveno umrežavanje, postavljanje komentara, deljenje fotografija i linkova ka različitim vrstama sadržaja, igranje igrica, razgovaranje uživo i mnoge druge funkcionalnosti. Instagram [5], kao poslednja istraživana mreža u ovom radu, razvijena je u San Francisku kao Burbn, a osnivači su Kevin Sistorm i Majk Kriger. Prvi put je pokrenuta 6. oktobra 2010. godine. Ova mreža, inicijalno je predstavljala servis za prerađu fotografija, a zatim je korisnicima omogućeno da se povezuju sa drugima i prate njihove profile.

3. PREGLED STANJA U OBLASTI

Kako popularnost svih društvenih mreža, pa i ovih istraživanih, raste velikom brzinom iz dana u dan, postoji veliki broj radova na temu popularnosti pojedinačnih društvenih mreža i njihovog istorijskog razvoja, kao i njihovih međusobnih odnosa i njihovog uticaja na savremenog čoveka. Međutim nijedno od njih ne daje detaljan uvid u poređenje njihovih funkcionalnosti i interfejsa.

U radu [6] prikazan je nastanak i istorijat društvenih mreža uopšte, bez orijentacije na konkretne društvene mreže. Glavni akcenat stavljen je na način na koji se

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Dinu, vanr. prof.

mogu prikupiti podaci iz društvenih mreža, njihova analiza i obrada kako bi se mogli iskoristiti na najbolji mogući način u svrhu različitih istraživanja.

Kada je popularnost u pitanju, cilj rada [7] jeste da se razumeju razlike u obimu i obrascima učestalosti korišćenja na tri vodeće društvene mreže Facebook-u, Instagram-u i Twitter-u. Od svih učesnika koji su učestvovali u istraživanju zaključak je da 95% ima Facebook nalog, 70% Instagram, a 26% Twitter nalog.

U radu [8] prikazano je kako se kroz digitalnu arhitekturu društvenih mreža Instagram, Facebook, Twitter i Snapchat može uporediti politička kampanja pri izborima u SAD-u 2016. godine. Ovde je istraživano kako je politička komunikacija na društvenim mrežama posredovana digitalnom arhitekturom platforme i tehničkim protokolima koji obezbeđuju i ograničavaju korisnika u virtuelnom prostoru.

Kada je u pitanju detaljna analiza interfejsa neke društvene mreže, upravo rad [9] reprezentuje ovaj aspekt. Ovde je opisan interfejs Facebook-a i prikazano je iskustvo korisnika pri njegovoj upotrebi.

4. POREĐENJE DRUŠTVENIH MREŽA LINKEDIN, FACEBOOK I INSTAGRAM

U ovom poglavlju dat je detaljan opis i poređenje određenih kategorija kao što su registracija i logovanje, korisnički interfejs određenih stranica kao i sistem za razmenu poruka. Metodologija koja se koristi jeste „Dizajn baziran na korisničkom iskustvu“ koja se odnosi na stvaranje modela interakcije koji direktno utiču na korisnikov doživljaj o računarskom sistemu.

4.1. Registracija i logovanje

U softverskim sistemima treba da se koristi uobičajena terminologija. Informacije treba da se pojavljuju u prirodnom i logičnom redosledu kako bi se omogućilo da sistem bude pogodan za korišćenje od strane iskusnih i neiskusnih korisnika. Kao prva i logična funkcionalnost jeste registracija i logovanje.

Prilikom registracije na LinkedIn mrežu neophodno je uneti email i lozinku i klikom na dugme „Agree & Join“ korisniku stiže na navedeni email, kod, koji omogućuje proveru identiteta, čijom potvrdom korisnik biva registrovan na mrežu. Na ovoj mreži, kada je u pitanju logovanje polja su u potpunosti ista i postoji mogućnost resetovanja lozinke ukoliko se ista zaboravi. Ova mreža pruža i mogućnost kreiranja poslovnog naloga, što predstavlja razliku u odnosu na Facebook i Instagram.

Kada je u pitanju Facebook, registracija zahteva nešto drugačija polja u odnosu na mrežu LinkedIn. Klikom na dugme „Sign up“ stiže email, čijom potvrdom je registracija završena. Funkcionalnost logovanja zahteva potpuno ista polja kao i mreža LinkedIn, s tim što postoji opcija pamćenje lozinke ostvarena kroz ček boks.

Na mreži Instagram pri registraciji potrebno je popuniti polja email ili broj mobilnog telefona, puno ime, korisničko ime i lozinku. Ono po čemu se razlikuje jeste da postoji mogućnost kreiranja naloga na osnovu već postojećeg Facebook profila. Forma za logovanje sadrži gotovo ista polja kao i prethodne dve, s tim da postoji mogućnost unosa korisničkog imena umesto emaila.

Na osnovu svega navedenog, može se zaključiti da je interfejs formi uglavnom usaglašen. Sve ovo doprinosi boljoj interakciji korisnika u odnosu na njegove navike. Jedna od mana jeste jer ne postoje ugrađene prečice za opozivanje radnji. Takođe veoma je bitno da su ove forme minimalističke, da su nenametljivog dizajna, jer korisniku tada nije potrebno mnogo vremena da ispuni svoj cilj.

4.2. Poređenje interfejsa društvenih mreža LinkedIn, Facebook i Instagram

Informisanje i razmena mišljenja preko društvenih mreža, predstavlja najbrži način preko koga korisnici dolaze do informacija koje ih interesuju. Onima, koji žele da se edukuju ponudjenim sadržajem, potrebno je na prikladan način predstaviti takvu organizaciju sadržaja. Uglavnom na svim društvenim mrežama nakon logovanja i registracije, korisnicima je prikazana početna stranica.

Na LinkedIn mreži, na početnoj stranici, u zaglavlju predstavljena je organizacija sadržaja po različitim kriterijumima. Tu su logo društvene mreže, pretraživač, hipelinkovi „Home“, „My Network“, „Jobs“, „Messaging“, „Notifications“ i opcije „Me“ i „Work“. U centralnom delu stranice, korisniku se pruža mogućnost da okači svoj „post“, da ima uvid u najaktuelnije informacije koje objavljuju njegovi pratioci, kao i u reklamni sadržaj. Sa leve strane nalazi se profilna slika korisnika. Ispod toga tu su linkovi za grupe ili događaje, u kojima je korisnik član ili kojima je poslao zahteve za priključenje.

Kada je u pitanju Facebook, veoma slično kao i kod LinkedIn mreže, u zaglavlju početne stranice prvo se nalazi logo društvene mreže, zatim polje za pretragu, kao i opcije „Messenger“, „Notifications“ i „Account“. Razlika jeste u tome što se u centralnom delu stranice prvo nalaze kartice sa pričama i „reels“ videima. Zatim opet sledi opcija gde korisnik može da okači svoj „post“ i da pregleda najnovije objave korisnika sa kojima je prijatelj, zatim može videti preporuke za nova prijateljstva, aktuelne novosti i brojni reklamni sadržaj. Ono po čemu se još razlikuje od LinkedIn mreže jeste leva sekcija u kojoj se nalaze brojne prečice kao što su „Homepage“, „Profile page“, „Watch“, „Friends“, „Marketplace“, „Games“, „Groups“ i druge.

Ono što Instagram mrežu razlikuje od prethodne dve, jeste to da zaglavlje početne stranice uopšte ne postoji. U gornjem levom uglu nalazi se logo društvene mreže. Navigacioni meni nalazi se sa leve strane i sadrži opcije „Home“, „Search“, „Explore“, „Reels“, „Messages“, „Notifications“, „Create“, „Profile“ i „More“. Centralni deo stranice zauzimaju priče i najnovije objave. Sa desne strane stranice, nalazi se profilna slika korisnika. Tu su i predloženi profili koje korisnik može zapratiti.

Prilikom ovog poređenja može se istaći da sve tri mreže u velikoj meri odgovaraju realnom svetu. Odličan korisnički interfejs obezbeđuje korisniku da se brzo kreće kroz njega, bez potrebe za pomoć i dokumentaciju. Međutim ukoliko se korisnik ne snađe, sve tri mreže sadrže neku vrstu pomoći i dokumentacije koja je laka za pretragu. Ono što je mana jeste to da se razvojem marketinga pojavio veliki broj informacija koje nisu značajne korisniku. To može dovesti do toga da se nesnalažljivim korisnicima oteža korišćenje mreže.

4.3. Razmena poruka i komunikacija

Razvojem interneta, a posebno društvenih mreža, razvio se i novi vid razmene poruka. Novi komunikacijski kanali omogućili su jednostavniju komunikaciju na mrežama, pa je ona postala jedna od nužnih funkcionalnosti.

Kada je u pitanju društvena mreža LinkedIn, ova funkcionalnost je realizovana kroz opciju „Messaging“. Klikom na nju otvara se nova stranica gde se sa leve strane nalazi polje za pretragu poruka. Tu je i opcija za upravljanje porukama i podešavanja.

U centralnom delu, nalazi se sekcija za slanje nove poruke. Neophodno je uneti kontakte kojima korisnik želi da pošalje poruku. Zatim sledi prostor za unos sadržaja poruke i moguće je priložiti određenu fotografiju, datoteku ili poslati gif ili emodži. Na svaku poruku korisnik može reagovati emodžijem, proslediti je nekom drugom ili poslati putem emaila. Takođe, postoji mogućnost video komunikacije.

Na Facebook mreži, korisnik se redirektuje na „Messenger“, što nije slučaj na mreži LinkedIn. Na ovoj stranici u levom delu nalaze se konverzacije poredane u hronološkom redosledu. Tu je i polje za pretragu, kao i opcije za kreiranje nove „sobe“ za razgovor ili nove poruke.

Slično kao kod LinkedIn mreže u gornjem delu nalazi se sekcija za unos primaoca. Zatim slede polja za unos teksta, uz opcije slanja glasovne poruke, dodavanja datoteka, nalepnica, gifova i emodžija. Takođe postoji i opcija slanja „sviđanja“ koja je karakteristična za ovu mrežu. Na svaku poruku, bilo pristiglu ili poslatu, korisnik može reagovati željenim emodžijem, odgovoriti konkretno na nju, ukloniti je, proslediti ili zakačiti. Postoji i mogućnost trenutnog poziva ili video poziva.

Isto kao i na Facebook mreži, i na Instagram mreži korisnik biva redirektovan na „Messenger“. Interfejs je veoma sličan interfejsu na prethodne dve mreže. Sa leve strane nalaze se časkanja poredana u hronološkom redosledu. Tu je opcija koja obezbeđuje pisanje nove poruke, pri čemu se otvara novi prozor gde je potrebno izabrati primaoca. Isto kao i kod Facebook-a i LinkedIn-a, postoji polje za unos sadržaja poruke uz mogućnost slanja emodžija, glasovne poruke, slike ili video zapisa.

Karakteristika za ovu mrežu jeste slanje „srca“ odnosno „lajka“. Na svaku pristiglu poruku moguće je pojedinačno odgovoriti, reagovati emodžijem ili proslediti je. Razlika je što postoje opcije za kopiranje ili prijavu te poruke. Na trenutnoj desktop verziji ne postoji mogućnost uspostavljanja poziva.

Interfejs, funkcionalnosti razmene poruka na sve tri mreže je vrlo usaglašen. Tu su i prečice, koje korisniku olakšavaju kretanje kroz ovu funkcionalnost.

Obezbeđene su i povratne informacije za određene opcije, što korisnika ne dovodi u nedoumicu da li je neku akciju izvršio.

Postoji i mogućnost poništavanja akcija, i na taj način se pruža sigurnost korisniku.

5. UPOREDNI PRIKAZ POREĐENJA DRUŠTVENIH MREŽA

Ovakav način poređenja daje jednostavniji uvid u same karakteristike ovih mreža i prikazuje koja od njih je najpogodnija za korišćenje. Takođe, kroz uporedni prikaz, na vrlo efikasan način mogu se lako uočiti prednosti ali i mane navedenih mreža.

U tab. 1. prikazano je sedam parametara na osnovu kojih se vrši poređenje funkcionalnosti registracije i logovanja.

Tabela 1. Tabelarni prikaz poređenja kategorije registracije i logovanje

	LinkedIn	Facebook	Instagram
Konzistentnost forme	✓	✓	✓
Postojanje prečice „Back“	✓	×	×
Povratna reakcija sistema	✓	✓	✓
Korisnikova kontrola nad akcijama	✓	✓	✓
Obaveštenje o grešci	✓	✓	✓
Osećaj sigurnosti kod korisnika	✓	✓	✓
Minimalistička forma	✓	✓	✓

Prvo je uzeta u obzir konzistentnost forme za popunjavanje, gde sve tri mreže zadovoljavaju ovaj parametar u potpunosti. Kada su prečice u pitanju, sve mreže sadrže različite prečice, dok jedino mreža LinkedIn ima prečicu „Back“ za opozivanje radnje. Povratna reakcija sistema je u velikoj meri zadovoljena kod sve tri mreže. Takođe, korisnik u svakom trenutku ima kontrolu nad svojim akcijama i ima slobodu da nastavi ili odustane od svoje akcije u svakom trenutku. Ukoliko korisnik ne unese zadovoljavajuće informacije u forme, sve tri mreže pravovremeno reaguju i obaveštavaju korisnika o grešci. Kako su obe funkcionalnosti jednostavne, korisnik se uvek oseća sigurno jer ima mogućnost upravljanja. I kao poslednji parametar, minimalistička forma je zadovoljena kod sve tri mreže.

U tabeli 2. prikazano je sedam parametara na osnovu kojih se vrši poređenje interfejsa početne stranice.

Tabela 2. Tabelarni prikaz poređenja kategorije interfejsa početne stranice

	LinkedIn	Facebook	Instagram
Nalikovanje realnom svetu	✓	✓	✓
Postojanje opcije za postavljanje slike	✓	✓	✓
Postojanje opcija pomoći i dokumentacije	✓	✓	✓
Postojanje pretrage	✓	✓	✓
Postojanje opcije prodaje	×	✓	×
Osećaj sigurnosti kod korisnika	✓	✓	✓
Minimalistički dizajn	×	×	×

Kao prvi parametar, ističe se nalikovanje stvarnosti, što je zadovoljeno kod sve tri mreže. Opcija postavljanja slika je i u ovom slučaju svuda zadovoljena kao i opcije pomoći i dokumentacije. Pretraga je obezbeđena na sve tri mreže.

Opcija prodaje je implementirana samo na mreži Facebook. Jedna od mana sve tri mreže jeste to što nije obezbeđen minimalistički dizajn te korisnik može biti zbunjen bespotrebnim sadržajima.

U tabeli 3. prikazano je sedam parametara na osnovu kojih se vrši poređenje sistema za razmenu poruka kod sve tri mreže.

Tabela 3. Tabela prikaz poređenja kategorije razmena poruka

	LinkedIn	Facebook	Instagram
Povezivanje sa „Messenger“ aplikacijom	×	✓	✓
Postojanje polja za pretragu poruka	✓	✓	×
Reagovanje na poruku emodžijem	✓	✓	✓
Postojanje opcije za podešavanje poruka	✓	✓	✓
Odgovor na konkretnu poruku	×	✓	✓
Slanje „lajka“ kao zasebne opcije	×	×	✓
Uspostavljanje poziva	✓	✓	×

Kao prvi parametar izdvaja se da li je mreža povezana sa aplikacijom „Messenger“ što nije ispunjeno jedino kod mreže LinkedIn. Zatim polje za pretragu poruka nije implementirano jedino na Instagram-u. Reagovanje na poruke emodžijem i opcija za podešavanje poruka ispunjena je na sve tri mreže. Na mreži LinkedIn ne postoji mogućnost odgovora na konkretnu poruku, dok je ona zadovoljena na druge dve mreže. Jedino mreža Instagram ima opciju slanja „lajka“ kao posebne opcije. Kao nedostatak ove mreže jeste nepostojanje opcije za uspostavljanje poziva dok je ona ugrađena u mreže LinkedIn i Facebook.

6. ZAKLJUČAK

Nakon detaljnog istraživanja svake od tri društvene mreže potrebno je zaključiti koja od njih je najpogodnija. Međutim, kako su sve veoma kompleksne, potrebno je naglasiti da ne postoji metodologija koja će po svim kriterijumima proglasiti jednu od njih kao najbolju. Tada ne bi postojale druge dve i ne bi bile toliko popularne.

Kada je reč o korisnosti, može se reći da je LinkedIn mreža pri vrhu, jer je specijalizovana za izbor buduće profesije, kao jednog od ključnih događaja u životu svakog čoveka. Kada je popularnost u pitanju, LinkedIn mreža se nalazi na poslednjem mestu, sa najmanjim brojem registrovanih korisnika. Sa stanovišta broja funkcionalnosti, Facebook mreža prednjači, jer postoje neke funkcionalnosti, kao što su kupovina i prodaja ili igranje igrice, a koje nisu dostupne kod druge dve mreže. S obzirom na to da veliki broj ljudi ima potrebu da sebe i svoja životna dešavanja eksponira preko društvenih mreža, Instagram mreža zauzima prvo mesto kada je u pitanju postavljanje fotografija i video snimaka.

Upravo to, kao primarna funkcionalnost ove mreže, veoma je primamljiva, jer se ova akcija može obaviti na vrlo jednostavan i brz način. Kada je komunikacija u pitanju, LinkedIn i Facebook pružaju više bitnih mogućnosti u odnosu na Instagram mrežu, kao što su pozivi ili video pozivi, koji mogu biti veoma značajni u brojnim prilikama.

Na kraju, što se tiče daljeg razvoja istraživanja, bilo bi veoma zanimljivo uporediti promene koje se dešavaju prilikom ažuriranja novih verzija navedenih mreža i istražiti neke nove zanimljive funkcionalnosti koje će vrlo verovatno biti dostupne u budućnosti.

7. LITERATURA

- [1] „Šta su društvene mreže? – ATEC Technologies“. <https://atec.rs/sta-su-drustvene-mreze/>
- [2] „A history of social media“. https://uk.sagepub.com/sites/default/files/upm-assets/107405_book_item_107405.pdf
- [3] „LinkedIn, Wikipedia“. <https://sr.wikipedia.org/sr-ec/LinkedIn>
- [4] „Facebook, Wikipedia“. <https://en.wikipedia.org/wiki/Facebook>
- [5] „Instagram, Wikipedia“. <https://en.wikipedia.org/wiki/Instagram>
- [6] „Савремене друштвене мреже“. <https://singipedia.singidunum.ac.rs/izdanje/41449-savremene-drustvene-mreze>
- [7] „My social network: Group differences in frequency of use, active use and interactive use on Facebook, Instagram and Twitter“. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160791X2200063X>
- [8] „The Digital Architectures of Social Media: Comparing Political Campaigning on Facebook, Twitter, Instagram and Snapchat in the 2016 U.S. Election“. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1077699018763307>
- [9] „UI/UX User Interface & User Experience example: www.facebook.com“. https://www.academia.edu/10468541/UI_UX_User_Interface_and_User_Experience_example_www_facebook_com

Kratka biografija:



Jana Novaković rođena je u Novom Sadu 2. novembra 1998. godine. Osnovne akademske studije završila je 2021. godine na Fakultetu tehničkih nauka. Iste godine upisuje master akademske studije na studijskom programu Računarstvo i automatika.

PREPOZNAVANJE TEKSTA POMOĆU KOGNITIVNIH SERVISI U AMAZON VEB SERVISIMA**TEXT RECOGNITION USING COGNITIVE SERVICES IN AMAZON WEB SERVICES**

Mia Knežević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad se zasniva na istraživanju upotrebe mašinskog učenja za prepoznavanje i ekstrakciju teksta i podataka iz setova dokumenata u različitim formatima, koji sadrže slike tekstova napisanih rukom ili na različitim jezicima, štampanim slovima u digitalnom formatu. Istraživanje je fokusirano na upotrebu Amazon Textract-a, kognitivnog servisa koji pružaju Amazon veb servisi, za automatsku obradu dokumenata. Cilj istraživanja jeste da se upotrebom različitih ulaza prikupe rezultati koji će se iskoristiti za testiranje i analiziranje tačnosti prepoznavanja teksta i performansi obrade dokumenata od strane Amazon Textract servisa, kao i prilagodljivosti na različite ulazne dokumente i kvalitet ulaznih dokumenata. Za tehničku implementaciju zadatka korišćeni su sledeći Amazonovi servisi: Simple Storage Service. Lambda funkcija i Textract servis.

Ključne reči: Amazon veb servisi, kognitivni servisi, mašinsko učenje, Textract, Lambda funkcija

Abstract – This paper is based on an exploration of the use of machine learning for recognition and extraction of text and data from sets of documents in different formats, which contain images of texts written by hand or in different languages, printed letters in digital format. The research is focused on the use of Amazon Textract, a cognitive service provided by Amazon Web Services, for automatic document processing. The goal of the research is to use different inputs to collect results that will be used to test and analyze the accuracy of text recognition and document processing performance by the Amazon Textract service, as well as adaptability to different input documents and the quality of input documents. The following Amazon services were used for the technical implementation of the task: Simple Storage Service. Lambda function and Textract service.

Keywords: Amazon Web Services, cognitive services, machine learning, Textract, Lambda function

1. UVOD

Poslednjih nekoliko decenija, sve više računara se oslanja na mnoštvo tehnika veštačke inteligencije i njenu primenu u ljudskom životu. Replikacija ljudskih aktivnosti i funkcija je sve učestalija i pruža mnoštvo benefita u savremenom svetu. Sve više se susrećemo sa sistemima koji za svoje upravljanje koriste veštine i znanje čoveka.

NAPOMENA:

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

Prepoznavanje optičkih znakova postalo je jedna od najuspešnijih primena tehnologije u polju veštačke inteligencije i prepoznavanja uzoraka, a koja se koristi za konvertovanje rukom napisanih znakova, slova ili reči u digitalni format. Primena ove tehnologije omogućava automatizaciju procesa izdvajanja podataka iz dokumenata i fotografija čak i ako su oni napisani rukom ili su u nečitkom obliku, što može da uštedi vreme i smanji greške u odnosu na ručno izdvajanje podataka. Osim toga, omogućeno je da se izdvojene informacije elektronski uređuju, pretražuju i skladište kompaktnije i efikasnije.

Ovaj rad se zasniva na istraživanju upotrebe mašinskog učenja za prepoznavanje i ekstrakciju teksta i podataka iz setova dokumenata u Joint Photographic Experts Group (JPEG) formatu i Portable Document Format (PDF) formatu, koji sadrže slike tekstova napisanih rukom ili na različitim jezicima, štampanim slovima u digitalnom formatu. Istraživanje je fokusirano na upotrebu Amazon Textract-a, kognitivnog servisa koji pruža Amazon Web Services (AWS), za automatsku obradu dokumenata.

Cilj istraživanja jeste da se upotrebom različitih ulaza prikupe rezultati koji će se iskoristiti za testiranje i analiziranje tačnosti prepoznavanja teksta i performansi obrade dokumenata od strane Amazon Textract servisa, kao i prilagodljivosti na različite ulazne dokumente i kvalitet ulaznih dokumenata.

2. OPIS PROJEKTOG ZADATKA

Cilj ovog projekta je ispitivanje sposobnosti i performansi Textract servisa u automatskom prepoznavanju teksta na osnovu ulaznih slika u JPEG ili PDF formatu. Kako bi se dobili što precizniji rezultati, testiranje će obuhvatiti četiri različita skupa podataka sa različitim izazovima.

Prvi skup podataka sadrži slike ručno pisanog teksta na engleskom jeziku, drugi skup čine slike ručno pisanog teksta na francuskom jeziku, treći skup su uslikane fotografije računara i četvrti, poslednji skup, čine fotografije skeniranih računara. Svaki od ovih skupova imaju različite izazove sa kojima se servis za obradu susreće, a od tih izazova zavise i rezultati performansi datog servisa.

Rezultati testiranja i njihova analiza će dati jasnu sliku o performansama Textract servisa i njegovoj primenljivosti u realnom svetu. Da bi se došlo do rezultata, neophodno je pripremiti skupove podataka, postaviti arhitekturu i iskonfigurisati servise da adekvatno obrade ulazne podatke i zapišu dobijene rezultate u odgovarajući format.

3. TEHNOLOGIJE

3.1 Prepoznavanje teksta pomoću kognitivnih servisa u amazon veb servisima

AWS kognitivni servisi [2] su set alata i tehnologija koji se koriste za razvoj aplikacija sa sposobnošću da razumeju, razgovaraju, pročitaju i interpretiraju prirodni jezik. Ovi servisi koriste mašinsko učenje i druge kognitivne tehnologije za obradu i analizu podataka, u svrhu pružanja mogućnosti za razvoj aplikacija koje mogu da razumeju tekst i govor, prepoznaju emocije i ton u tekstu, sinhronizuju se sa chatbot-ovima i drugim vrstama interakcija sa korisnicima, kao i da prepoznaju slike i objekte na njima.

Amazon Textract [3] je servis za automatsko prepoznavanje teksta. Koristi mašinsko učenje da prepozna tekst, tabele, formulare i slične objekte u dokumentima. Ovaj servis omogućava korisnicima da jednostavno ekstraktuju i obrađuju podatke iz različitih tipova dokumenata. Takođe može da prepozna tabele, koristi automatsku klasifikaciju za prepoznavanje tipova dokumenata, takođe i ima funkciju za obradu više jezika.

Lambda funkcija [4] je platforma za izvršavanje koda bez administracije servera. Koristi se za izvršavanje koda u odgovoru na događaje. Korišćenjem Lambda funkcija, korisnici mogu da kreiraju skalabilne aplikacije, a da pritom ne moraju da brinu o upravljanju serverima i infrastrukturu. Potpuno su automatizovane i skaliraju se u zavisnosti od potreba aplikacije. Funkcije mogu da se pišu u više programskih jezika, uključujući NodeJS Javascript, Java, C#, Python.

Simple Storage Service [5] je Amazonova usluga skladištenja objekata, koja nudi vodeću skalabilnost, dostupnost podataka, sigurnost i performanse. Servis omogućava skladištenje i razmenu podataka u oblaku. S3 se koristi za skladištenje datoteka i objekata, kao i za arhiviranje, sigurnosne kopije i druge vrste podrške za aplikacije.

Python [6] je programski jezik koji se koristi za razvoj aplikacija i automatizaciju procesa. To je jednostavan i intuitivan jezik, koji je dobro poznat po svom dinamičnom tipiranju i širokom spektru biblioteka i alata za različite aplikacije, od web razvoja do naučne analize podataka. Ima jasnu sintaksu i jedan je od najpopularnijih programskih jezika u svetu i daje jedinstvenu kombinaciju jednostavnosti, snage i prilagodljivosti.

4. TEHNIČKI OPIS REŠENJA

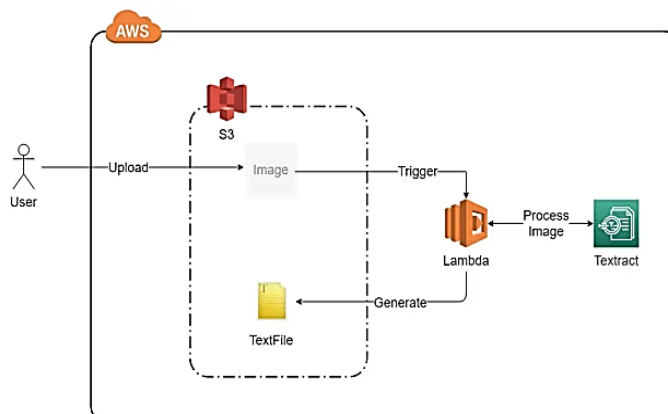
Za tehničku implementaciju zadatka korišćeni su sledeći Amazon Web servisi:

- Simple Storage Service - S3,
- Lambda funkcija i
- Textract servis.

Slika 1 predstavlja prikaz arhitekture projekta [7]. Nju čine prethodno izlistani Amazon servisi.

Na slici 1 takođe može da se vidi proces rada sistema. Potrebno je da korisnik ubaci set ulaznih podataka u S3 skladište, što će aktivirati Lambda funkciju. Lambda funkcija preuzima podatke iz S3 skladišta i prosleđuje ih Textract servisu za obradu. Textract servis obrađuje sliku i

ekstrahuje tekst iz nje. Lambda funkcija izračunava vreme koje je proteklo za obradu slike koristeći in'build funkcije u Python-u. Vreme koje je proteklo za obradu slike je snimljeno u tekstualni fajl, koji se čuva u S3 skladištu.



Slika 1: Prikaz arhitekture projekta

Proizvod navedenog procesa jeste set tekstualnih fajlova, koji su korespondentni ulaznom setu slika u JPEG formatu. U svakom od tih fajlova nalazi se vreme koje je proteklo prilikom obrade odgovarajuće ulazne slike. Da bi se stekao realan uvid u performanse servisa i došlo do rezultata, neophodno je agregirati pojedinačne rezultate merenja i pronaći njihovu srednju vrednost. Srednje vrednosti svakog ulaznog skupa podataka će biti rezultati kompletnog procesa.

Za izračunavanje srednje vrednosti rezultata koristi se još jedna Lambda funkcija, koja prikuplja numeričke vrednosti za svaku obrađenu sliku, sabira ih, a potom deli sa ukupnim brojem obrađenih slika unutar jednog ulaznog seta. Dobi-jena vrednost se snima u tekstualni fajl, čuva u S3 kanti i kasnije koristi za analizu performansi Textract servisa.

5. METODOLOGIJA

5.1. Skupovi podataka

U svrhe testiranja performansi Textract servisa, korišćena su četiri skupa podataka:

- IAM Handwriting Database - skup ručno pisanih tekstova na engleskom jeziku,
- A Handwritten French Dataset for Word Spotting – CFRAMUZ - skup ručno pisanih tekstova na francuskom jeziku,
- My receipts (pdf scans) - skup skeniranih računa i
- Dataset of invoices and receipts including annotation of relevant fields - skup računa slikanih fotoaparatom.

“IAM Handwriting Database” [8] je skup biblioteka slika i tekstova koji su napisani rukom. Sadrži rukopise koje su napisali različiti autori u različitim stilovima pisanja, što čini ovaj skup podataka idealnim za testiranje i treniranje modela prepoznavanja rukopisa. Smatra se kvalitetnim data setom za istraživanje u oblasti prepoznavanja rukopisa, sa visokom kvalitetom slika i tekstova.

“A Handwritten French Dataset for Word Spotting – CFRAMUZ” [9] je prvi istorijski skup podataka na francuskom jeziku, koji se često koristi za pretragu reči bez segmentacije, predstavljen na radionici Historical

Image Processing 2017 u Kjotu. Skup podataka se sastoji od sedam romana sa anotacijom od 18,000 reči, na francuskom jeziku, od strane slavnog pisca iz Lozane, Charles-Ferdinand Ramuza.

“My receipts (pdf scans)” [10] predstavlja ličnu kolekciju skeniranih računa iz nekoliko različitih država sveta, koju je sakupio Jens Walter. Računi su skenirani i sačuvani u PDF formatu. U svrhe ovog projekta korišćen je podskup od 100 ulaznih fajlova, kog sačinjavaju računi iz Hrvatske, Nemačke i Sjedinjenih Američkih Država. Podaci iz ovog skupa podataka su javni i predstavljaju ličnu kolekciju skupljenu od strane Jensa Waltera.

“Dataset of invoices and receipts including annotation of relevant fields” [11] je skup koji sadrži račune i fakture, uključujući anotaciju relevantnih polja. Obuhvata 813 slika računa i potvrda privatne kompanije na portugalskom jeziku.

5.2. Integracija programskog rešenja

Za realizaciju programskog rešenja napisane su dve Lambda funkcije *getTextFromS3Documents* i *aggregateElapsedTime*, korišćenjem Python programskog jezika.

Prva lambda funkcija koja se izvršava jeste *getTextFromS3Documents*. Funkcija koristi modul boto3 za rad sa Amazon Textract servisom i S3 uslugom. Glavna metoda "lambda_handler" se poziva kada se dogodi neki događaj - konkretno, kada se JPEG ili PDF dokument otpremi u S3 skladište. Metoda najpre dobavlja dokument iz S3 skladišta i prosleđuje ga metodi *get_textract_data*. Ukoliko dođe do greške tokom obrade, ona će prijaviti grešku.

Metoda *get_textract_data* koristi Amazon Textract API da izdvoji tekstualne informacije iz dokumenta koji se nalazi u određenoj AWS S3 kanti. Metoda takođe meri vreme koje je potrebno da bi se dobili podaci iz dokumenta, počevši od trenutka kada se metoda pozove (*start_time*) i završava kada se odgovor vrati iz Textract servisa (*end_time*). Na kraju, metoda vraća *start_time* i *end_time* kao rezultat.

Metoda *write_elapsed_time* meri proteklo vreme između *start_time* i *end_time* vremena i zapisuje ga u tekstualnu datoteku koja je sačuvana na AWS S3 skladište. Ime datoteke se dobija iz *created_s3_document* argumenta tako što se ekstenzija dokumenta zameni sa ".elapsed_time.txt" ekstenzijom. Metoda koristi *s3.put_object* metodu iz boto3 modula kako bi se napisao tekstualni sadržaj (*elapsed_time*) u izgenerisanu datoteku.

Druga Lambda funkcija koju je potrebno izvršiti da bi se dobili konačni rezultati merenja jeste *aggregateElapsedTime*. Ova funkcija je handler funkcija koja se koristi u AWS Lambda servisu za obradu događaja koji se pokreću kada se dokumenti sa tekstualnim sadržajem skladište u AWS S3 skladište. Funkcija prvo izvlači ime skladišta iz kojeg će čitati dokumente. Zatim, uzima direktorijum iz event argumenta i koristi taj direktorijum da bi pronašla sve dokumente u skladištu unutar tog direktorijuma. To se radi pozivanjem metode *s3.list_objects* iz boto3 modula, koja vraća listu svih objekata (dokumenata) iz skladišta, sa zadatim prefiksom (direktorijumom). Funkcija zatim prolazi kroz sve dokumente koji su pronađeni i proverava da li se u imenu

dokumenta nalazi reč "elapsed_time". Ako se ta reč nalazi u imenu, uzima sadržaj datoteke (koji sadrži vreme obrade dokumenta), a to radi pozivanjem metode *s3.get_object* i dodaje ga u listu *elapsed_times*. Nakon što je vreme obrade svih dokumenta u listi, funkcija računa prosečno vreme obrade tako što uzima sumu vremena u listi i deli ga sa brojem elemenata u listi. Rezultujuće prosečno vreme obrade se zapisuje u tekstualnu datoteku koja se sačuva u skladište na AWS S3 servisu.

Naziv datoteke dobija se kombinovanjem imena direktorijuma i "average_elapsed_time.txt" ekstenzijom. Na kraju, funkcija vraća status kod 200 i event argument u obliku odgovora (response body).

6. REZULTATI I DISKUSIJA

Nakon što su prethodno opisane dve lambda funkcije izvršene nad četiri seta podataka koji su korišćeni u svrhe testiranja performansi Textract servisa, dobijena su četiri tekstualna dokumenta u kojima su zapisani rezultati merenja.

Krajnji rezultat izvršavanja dveju Lambdi jeste prosečno vreme izvršavanja koje je izračunato i sačuvano u tekstualni dokument pod nazivom *average_elapsed_time*. Dakle, za četiri skupa podataka dobijeno je četiri rezultata. U sledećoj listi su navedene vrednosti prosečnog vremena izvršavanja za obradu skupova podataka IAM Handwriting Database, A Handwritten French Dataset for Word Spotting – CFRAMUZ, My receipts (pdf scans) i Dataset of invoices and receipts including annotation of relevant fields, respektivno, u sekundama.

- 2.29,
- 2.47,
- 1.78,
- 2.24.

Iz priloženih rezultata, može se doći do sledećih zaključaka - najveće prosečno vreme za obradu podataka je potrošeno je na obradu skupa podataka CFRAMUZ, a najkraće je potrošeno na My receipts (pdf scans). Uzimajući u obzir da je kvalitet slika iz CFRAMUZ skupa podataka bio znatno lošiji i sa mnogo više šuma i zatamljenosti u odnosu na slike iz drugih skupova podataka, način na koji je napisan, pisana slova na francuskom jeziku, kao i sve izazove koje potencijalno zadaje Textract servisu pri obradi podataka, očekivano je da će performanse prilikom obrade biti najsporije za ovaj skup podataka. Sa druge strane, My receipts (pdf scans), skup podataka sa najkraćim prosečnim vremenom obrade, sadrži skenirane račune sa štampanim tekstom ili tabelarnim prikazom, na različitim jezicima. Uzimajući u obzir da su računi skenirani, šum na dokumentima je minimalan, a izazovi za Textract znatno manji. Ove činjenice objašnjavaju zbog čega je najmanje vremena utrošeno na obradu ovog skupa podataka.

Zanimljivo je i napraviti paralelu između obrade štampanih i ručno pisanih rečenica u podacima. Iz dobijenih rezultata, zaključuje se da su performanse Textract servisa znatno bolje pri obradi štampanih, nego ručno pisanih podataka.

Iz priloženih rezultata, takođe, vidimo da je skup podataka sa ručno pisanim tekstom na francuskom jeziku iziskivao više vremena za obradu od skupa sa ručno pisanim tekstom na engleskom jeziku. Ali, kvalitet slike je bio znatno bolji u

engleskom skupu podataka i on nije sadržao dodatne izazove poput pocepanog papira, mutnih fotografija, mrlja na papiru i slično.

Ukoliko se pravi paralela između rezultata skupa podataka sa skeniranim računima i skupa podataka sa kamerom uslikanim računima, zaključuje se da je su uslikani računi zahtevali više vremena za obradu. Samim tim što su slikani kamerom, u tom skupu se nalazi više mutnih fotografija sa slabo čitljivim tekstom, slabijom osvetljenošću i drugim izazovima sa Textract servis.

7. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata izvršavanja Textract servisa na četiri različita skupa podataka, može se zaključiti da performanse ovog servisa značajno variraju u zavisnosti od karakteristika podataka koji se obrađuju. Rezultati pokazuju da je prosečno vreme obrade bilo najduže za skup podataka CFRAMUZ, koji je sadržao lošije kvalitete slika, veći šum i druge izazove koji su negativno uticali na performanse Textract servisa. Sa druge strane, skup podataka My receipts (pdf scans) sa najkraćim prosečnim vremenom obrade, sadržao je skenirane račune sa minimalnim šumom, štampanim tekstom i tabelarnim prikazima, što je znatno olakšalo rad Textract servisu.

Takođe, zaključeno je da Textract servis ima bolje performanse u obradi štampanih, u odnosu na ručno pisanih podataka. Kada se uporede dva skupa podataka sa ručno pisanim tekstom, pokazalo se da je skup podataka na francuskom jeziku zahtevao više vremena za obradu od skupa podataka na engleskom jeziku, zbog lošijeg kvaliteta slike i dodatnih izazova.

Uzimajući u obzir sve navedene činjenice, može se zaključiti da je performansa Textract servisa značajno uslovljena kvalitetom ulaznih podataka, kao i vrstom teksta koji se obrađuje. Stoga, prilikom korišćenja ovog servisa u realnom okruženju, potrebno je voditi računa o kvalitetu ulaznih podataka, kako bi se dobili što bolji rezultati.

8. LITERATURA

- [1] About AWS, preuzeto sa <https://aws.amazon.com/about-aws/>
- [2] Artificial intelligence services AWS, preuzeto sa <https://aws.amazon.com/machine-learning/ai-services/>
- [3] Amazon Textract, preuzeto sa <https://aws.amazon.com/textract/>
- [4] AWS Lambda Function, preuzeto sa <https://docs.aws.amazon.com/lambda/latest/dg/welcome.html>
- [5] Amazon Simple Storage Service, preuzeto sa <https://aws.amazon.com/s3/>
- [6] Python, preuzeto sa <https://www.python.org/>
- [7] Suminda Niroshan, “AWS Textract with Lambda Walkthrough” (28. Jun 2019), preuzeto sa <https://medium.com/@sumindaniro/aws-textract-with-lambda-walkthrough-ed4473aedd9d>

- [8] Dr Urs Marti, Institut za računarske nauke i poslovnu matematiku, ETH Zurich, Švajcarska, “IAM Handwriting Database”, (1999) preuzeto sa <https://fki.tic.heia-fr.ch/databases/iam-handwriting-database>
- [9] Nikolaos Arvanitopoulos, Gaspard Chevassus, Daniele Maggetti, Sabine Süsstrunk, “A Handwritten French Dataset for Word Spotting: CFRAMUZ” (Novembar 2017), preuzeto sa <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3151509.3151523>
- [10] Jens Walter, “my receipts (pdf scans)”, preuzeto sa <https://www.kaggle.com/datasets/jenswalter/receipts>
- [11] Francisco Cruz, Mauro Castelli “Dataset of invoices and receipts including annotation of relevant fields” (21. Mart 2022), preuzeto sa <https://zenodo.org/record/6371710#.ZAHGW3aZOUI>

Kratka biografija:



Mia Knežević, rođena 19.02.1996. u Novom Sadu. Završila Gimnaziju “20. oktobar” u Bačkoj Palanci i osnovne akademske studije na Fakultetu Tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Elektrotehnika i računarstvo. Ispunila je sve obaveze i položila je sve ispite predviđene studijskim programom.

DIZAJN, IZRADA I TESTIRANJE SENZORA SILE ZAGRIŽAJA, BAZIRANOG NA JESTIVOM HIDROGELU

DESIGN, PRODUCTION AND TESTING OF A BITE FORCE SENSOR, BASED ON AN EDIBLE HYDROGEL

Lazar Milić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazan način izrade i testiranja senzora sile zagrižaja baziranog na jestivom hidrogelu hidroksietilceluloza+fruktoza+voda. Akcenat je stavljen na sam hidrogel, a nakon toga i na pretvarački element. Za ostatak senzora (analogno-digitalni konvertor, konekcija sa računarom, obrada podataka) korišćen je Arduino Nano Every, modifikovan sa naponskim razdelnikom.

Ključne reči: Hidroksietilceluloza+fruktoza+voda, Instron, Arduino Nano Every, Jestiva elektronika.

Abstract – This paper describes the method of design, fabrication and testing of a bite force sensor, based on an edible hydrogel, hydroxyethylcellulose + fructose + water. The focus of this paper was primarily on the hydrogel, its role and behaviour in the sensor, after which the whole transducer. For the rest of the sensor (analog-digital converter, connection with a computer, signal processing), Arduino Nano Every was used, modified by a voltage divider.

Keywords: Hydroxyethylcellulose + fructose + water, Instron, Arduino Nano Every, Edible electronics.

1. UVOD

Od sredine 20. veka, odnosno od Drugog svetskog rata, dolazi do sve bržeg razvoja ljudskog društva, pre svega kroz elektronske uređaje. Razvoj elektronike, kao spoja inženjerstva, fizike, tehnologije i nauke o materijalima, ubrzao je i razvoj drugih značajnih disciplina u nauci, ali i svakodnevnice. Razvoj elektronskih uređaja, od kuhinjskih aparata, preko automobilske industrije, sve do interneta, elektronika je zašla u najmanje pore ljudskog društva, donoseći time mnoštvo prednosti, ali i vidnih mana [1]. Veliki razvoj elektronike u proteklih pola veka pripisuje se razvoju procesa fabrikacije monolitnih silicijumskih tehnologija, odnosno razvoju integrisanih kola, čije se dimenzione granice sve više minimizuju, povećavajući efikasnost i smanjujući zauzetost površine, odnosno omogućavajući razvoj kompleksnijih sistema na mnogo manjim tehnologijama. Od sedamdesetih godina 20. veka pa do danas, dolazi do naglog smanjenja integrisane tehnologije, sa tad široko primenjene 10 μm, sve do 7 nm tehnologije zastupljene od 2017. godine [2].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Goran Stojanović, red. prof.

Razvoj elektronike, kao i nauke o materijalima, pored velikog doprinosa ljudskom društvu, doveo je i do sve većeg zagađenja okoline.

Kao jedno od rešenja sve većeg elektronskog otpada [3], došlo je do razvoja zelene elektronike iz koje je proistekla jestiva elektronika, koja za cilj ima upotrebu jestivih materijala, kao i hrane, u fabrikaciji elektronskih komponenti i kola [4]. Na slici 1 prikazana je podela jestivih materijala prema električnim svojstvima.



Slika 1. Piramida jestive elektronike [4].

Zagrižaj, kao i proces žvakanja, zbog svoje važnosti u ljudskom zdravlju, predstavlja jedan od centralnih oblasti istraživanja i interesovanja u stomatologiji, a sve više u inženjerstvu. Nepravilno žvakanje i zagrižaj mogu biti posledica loše raspoređenih zuba u vilici. U cilju određivanja nepravilnosti zagrižaja, kao indikatora ozbiljnih problema, u punom zamahu je razvoj senzora sile zagrižaja.

Prema efektu kog koriste za konverziju informacije o sili u signal koji se kasnije može interpretirati, pretvarači sile zagrižaja se dele na pretvarače koji koriste piezorezistivni efekat, zatim piezoelektrični efekat, pretvarače napreznja, na detektore pritiska, kao i na tanke filmove osetljive na pritisak [5]. Pored ovih tipova pretvarača sile zagrižaja, zastupljeni su i kapacitivni pretvarači sile zagrižaja [6, 7]. Pretvarači sile zagrižaja bazirani na

efektu naprezanja sastoji se od rastegljivog elementa osetljivog na pritisak, kao i naprezanje. Pri promeni pritiska ili naprezanja, dolazi do promene u otpornosti datog materijala (elementa), omogućavajući spregu ove dve veličine. Promena otpornosti elementa je proporcionalna naprezanju, odnosno mehaničkoj deformaciji. Karakteriše ih velika osetljivost, preciznost, kao i dovoljno velik opseg merenja. Malih su dimenzija i lagani, omogućavajući im primenu u usnoj duplji. Na ovom principu je razvijen pretvarač Dentoforce 2. Iako ovi pretvarači poprilično precizno konvertuju vrednost sile, zbog grube površine pretvarača ne naležu na zub u potpunosti [5].

Nakon pretvarača baziranih na efektu naprezanja, primenjuju se i oni bazirani na piezorezistivnom efektu. Piezorezistivni pretvarač je sačinjen od materijala sa monokristalima silicijuma i integrisanog kola. Kad monokristal silicijuma detektuje silu, dolazi do promene otpornosti, a time i izlaznog signala. Karakterišu ga brz dinamički odziv, dobra stabilnost, preciznost i osetljivost [5]. Pored piezorezistivnih pretvarača sile zagrižaja, značajni su pretvarači koji rade na principu piezoelektričnog efekta. Piezoelektrični materijal konvertuje pritisak u električni signal. Ovi pretvarači koriste kvarcne kristale, kao najrasprostranjenije piezoelektrične materijale. Pored toga, primenjuju se i razne keramike i polimeri. Odlikuju ih dobra ponovljivost i visoka stabilnost [5].

Pretvarači pritiska, sadrže komoru napunjenu fluidom. Pri dejstvu pritiska na tu komoru, dolazi do pomeranja fluida u određenom pravcu, delujući na tačno definisan zid komore, na kom se nalazi merač pritiska. Potom se ova informacija o promeni pritiska prenosi i konvertuje u adekvatan signal, kasnije pogodan za obradu. Ovaj tip pretvarača se deli na hidraulične i pneumatske pretvarače pritiska [5].

Slično ovom pretvaraču pritiska, razvijeni su i pretvarači pritiska bazirani na tankom osetljivom filmu, sačinjenom od dva polietilen-tereftalatna filma, između kojih se nalazi materijal sa mikrokapsulama, a koji su prikazani. Pri dejstvu pritiska, u ovoj tankoj strukturi oblika potkovice dolazi do istiskivanja crvenog pigmenta iz mikrokapsula. Prethodno pomenuti crveni pigment, potom boji polietilen-tereftalatne filmove. Što je veći pritisak, to je crvena boja jača [5]. Pored gore navedenih pretvarača, može se koristiti i silom zavisani otpornik (engl. Force Sensitive Resistor – FSR) [8].

Za razliku od prethodno opisanih tipova senzora sile zagrižaja, u ovom radu biće opisan razvijeni senzor sa pretvaračem sile zagrižaja baziranom na promeni udaljenosti obloga kondenzatora. Kompresijom dielektričnog materijala u kondenzatoru, smanjuje se udaljenost između obloga kondenzatora, a samim tim se povećava kapacitivnost.

Naponskim razdelnikom, ova kapacitivnost utiče na napon i time omogućava merenje date promene.

Cilj rada jeste dobijanje relacije ulaz-izlaz, kao i njene inverzne karakteristike i kvantifikacija tačnosti dobijenog senzora.

2. MATERIJALI I METODE

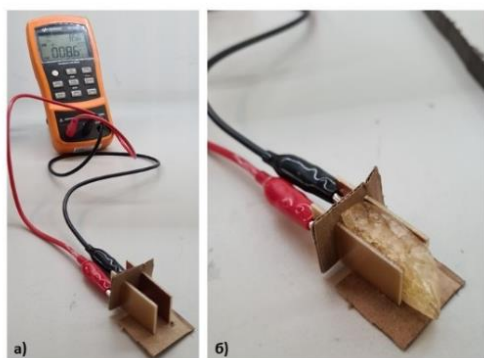
Nakon postavljene teorijske osnove potrebno je uvesti odabrane materijale pomoću kojih će biti izvršano pravljenje pretvaračkog elementa senzora zagrižaja. Potom, biće sproveden niz eksperimenata pomoću kog će biti okarakterisana pretvaračka komponenta i konačno biće razvijen hardverski deo za akviziciju.

Pri razvoju pretvaračkog elementa, korišćene su elektrode, obloge kondenzatora, napravljene od aluminijumske provodne trake. Pre svega zbog svoje savitljivosti. Naime, pri dejstvu sile zagrižaja, potrebno je da se obloge kondenzatora ne opiru dejstvu sile, odnosno koji su dovoljno elastični. Obloge kondenzatora su četvrtastog oblika, imajući izduženje preko kog se ostvaruje kontakt. Sa druge strane, prethodno pomenuti jestivi hidrogel, hidroksietil-celuloza-fruktoza-voda, predstavlja dielektrik postavljen između obloga. Debljina dielektrika je 5 mm. Ovaj tip organskog materijala odlikuje se velikim zadržavanjem vode, kao i velikom elastičnošću. Elastičnost ovog materijala biće razmotrena primenom napravljenih nastavaka za kompresiju, kao i onih sa modelima zuba na njima. Našli su veliku primenu u sistemima za dostavljanje lekova, kao i u sistemima za selektivno otpuštanje hranljivih supstanci. Prethodno opisani dielektrik, jestivi hidrogel, prikazan je na slici 2.



Slika 2. Hidroksietil-celuloza-fruktoza-voda.

U cilju upoznavanja korišćenog materijala, izračunata je relativna permitivnost, tako što je konstruisan pločasti kondenzator, bakarnih obloga, čija je kapacitivnost merena pre i posle dodavanja dielektričnog materijala. Relativna permitivnost predstavlja meru mogućnosti čuvanja energije nakon primene električnog potencijala na materijal. Sama postavka eksperimenta prikazana je na slici 3. Izvršeno merenje na učestanosti od 100 Hz, ponovljeno je 5 puta, primenom LCZ metra (model U1733C, država Kalifornija, Sjedinjene Američke Države, grad Santa Rosa, proizvođač Keysight). Potom je postavljen dielektrik između obloga i ceo merni postupak je ponovljen. Na kraju je primenjena relacija (1) i dobijene vrednosti relativne permitivnosti su usrednjene.



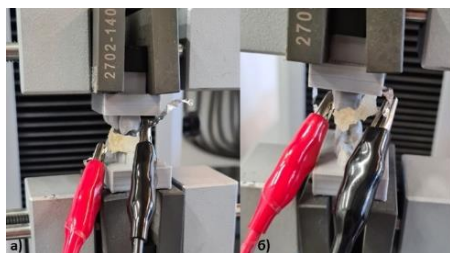
Slika 3 a) Postavka merenja pločastog kondenzatora bez dielektrika; b) Postavka merenja pločastog kondenzatora sa dielektrikom.

$$\epsilon_r = \frac{C_{hidrogel}}{C_0} \quad (1)$$

Nakon određivanja relativne permitivnosti, napravljeni su pretvarači pomoću kojih su vršena merenja.

Prenosna karakteristika, odnosno relacija ulaz-izlaz predstavlja matematičku relaciju koja povezuje izmerenu izlaznu veličinu sa ulaznom, kontrolnom veličinom. Ovaj postupak se postiže fitovanjem polinoma određenog stepena, sa ciljem da greška fitovanja bude minimalna.

Sa druge strane, povećanjem stepena polinoma može doći do pojave natprilagođenja (engl. overfitting), koja se ogleda u prekomernom poklapanju fitovane krive sa merenim vrednostima, ali i velikim, besmislenim talasanjem između dve merene tačke. Proces dobijanja krive će se ogledati polaskom od polinoma prvog reda, posmatranjem krive na grafiku, kao i računanja srednje kvadratne greške. Stepenn polinoma će se povećavati, sve dok se srednja kvadratna greška bude smanjivala i dok ne dođe do talasanja. Ova karakteristika se dobija primenom računara, korišćenjem merenih vrednosti dobijenih iz eksperimenta sa slike 4. Primenjena sila je bila u opsegu od 40 N do 540 N, sa korakom od 100 N.



Slika 4. a) Početni položaj eksperimenta; b) Krajnji položaj eksperimenta.

Krajnji položaj eksperimenta, odnosno maksimalna sila predstavlja vrednost sile pod kojom pretvarački element još uvek radi kao kondenzator, dok početni položaj predstavlja vrednost sile pri kojoj je vrednost kapacitivnosti stabilna pri konstantnom dejstvu sile. Opseg promene je meren na 5 uzoraka, nakon čega je vrednost usrednjena.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U ovom delu rada biće izneseni rezultati i zaključci prethodno prikazanih merenja i eksperimenata.

Kao rezultat merenja relativne permitivnosti dielektrika, dobijene su vrednosti kapacitivnosti prikazane u tabeli 1.

Tabela 1 Dobijene vrednosti merenja kapacitivnosti

	$C[pF]$	$C_{\text{хидрогел}}[pF]$
Merenje 1	10.4	642.5
Merenje 2	9.1	643
Merenje 3	9.7	654.2
Merenje 4	9.2	657.9
Merenje 5	10.3	660.1
Srednja vrednost	9.74	651.54
Standardna devijacija	0.5388877	7.4222907

Nakon dobijanja srednje vrednosti, izračunata je relativna permitivnost materijala primenom relacije (1). Dobijena je relativna permitivnost od 67.

Rezultati merenja kapacitivnosti u opsegu primene kontrolisane sile od 40 N do 540 N sa korakom od 100 N prikazana je u tabeli 2.

Tabela 2 Dobijene vrednosti merenja kapacitivnosti

Sila [N]	Srednja vrednost [pF]	Standardna devijacija [pF]
40	135.9	2.6
140	249.3	3
240	770.4	6.3
340	1324.6	3.6
440	1975.6	9.9
540	2126.7	12.4

Potrebno je dobiti adekvatnu prenosnu karakteristiku, u posmatranom opsegu. Za ove potrebe korišćen je MATLAB, gde su krive fitovane polinomima prvog, drugog i trećeg reda i rezultati su prikazani preko greške fitovanja u tabeli 3, za koju je računata srednja apsolutna greška fitovanja.

Tabela 3 Srednja apsolutna greška fitovanja

Stepenn polinoma	Srednja apsolutna greška
1	123.2
2	123.2
3	24.9
4	23.1

Ukoliko se posmatraju prve dve kolone u tabeli 3, vidi se odstupanje od oko 123 pF, kad se fituje polinomom prvog i drugog reda, što kad se prevede u vrednost sile, dobija se oko 35 N odstupanja, što je poprilično velika razlika. Za razliku od toga odstupanja polinoma trećeg i četvrtog stepena, iako se graniče sa natprilagođenjem, koje nastupa sa polinomom petog stepena, srednja apsolutna greška od

25 pF i 23 pF predstavlja prosečnu grešku od 7.4 N. Ponašanje opisano polinomom trećeg reda prikazano je relacijom (2).

$$C = -4.03 * 10^{(-5)} * F^3 + 0.0363 * F^2 - 4.363 * F + 258.2 \quad (2)$$

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu detaljno je opisan i okarakterisan senzor sile zagrižaja, a akcenat je stavljen na pretvarački deo. Pored toga, data je adekvatna teorijska osnova za ulazak u ovu oblast.

5. REFERENCE

- [1] Woessner MN, Tacey A, Levinger-Limor A, Parker AG, Levinger P and Levinger I (2021) The Evolution of Technology and Physical Inactivity: The Good, the Bad, and the Way Forward. *Front. Public Health* 9:655491. doi: 10.3389/fpubh.2021.655491
- [2] SINGH, Amrik; SINGH, Sukhwinder. Evolution of CMOS technology. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2016, 5.02.
- [3] Brett H. Robinson, E-waste: An assessment of global production and environmental impacts, *Science of The Total Environment*, Volume 408, Issue 2, 2009, Pages 183-191, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.09.044>.
- [4] Sharova, A. S., Melloni, F., Lanzani, G., Bettinger, C. J., Caironi, M., Edible Electronics: The Vision and the Challenge. *Adv. Mater. Technol.* 2021, 6, 2000757. <https://doi.org/10.1002/admt.202000757>
- [5] Gu Y, Bai Y and Xie X (2021) Bite Force Transducers and Measurement Devices. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 9:665081. doi: 10.3389/fbioe.2021.665081
- [6] Sibao Cheng, Baohong Chen, Yuan Zhou, Minglong Xu, Zhigang Suo, Soft sensor for full dentition dynamic bite force, *Extreme Mechanics Letters*, Volume 34, 2020, 100592, ISSN 2352-4316, <https://doi.org/10.1016/j.eml.2019.100592>.
- [7] Keng-Ren Lin, Chih-Han Chang, Tzu-Hsuan Liu, Shi-Wei Lin, Che-Hsin Lin, Experimental and numerical estimations into the force distribution on an occlusal surface utilizing a flexible force sensor array, *Journal of Biomechanics*, Volume 44, Issue 10, 2011, Pages 1879-1884, ISSN 0021-9290, <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.04.032>.
- [8] Cláudio P Fernandes, Per-Olof J Glantz, Stig A Svensson, Anders Bergmark, A novel sensor for bite force determinations, *Dental Materials*, Volume 19, Issue 2, 2003, Pages 118-126, ISSN 0109-5641, [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(02\)00020-9](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(02)00020-9).

Kratka biografija:



Lazar Milić rođen je u Subotici 1997. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Biomedicinskog inženjerstva - Medicinska elektronika, odbranio je 2022. godine.

kontakt: lmilic@uns.ac.rs

REGULACIJA NAPONA I ŠTETA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA**THE REGULATION OF VOLTAGES AND DAMAGES IN DISTRIBUTION NETWORKS**

Miloš Petrović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu je razmatran uticaj promene proizvodnje distributivnih generatora (DG) na režim rada distributivne mreže (DM), regulaciju napona i štetu koju trpe potrošači. Analiza uticaja je izvršena na primeru jednostavne DM koju čine tronamotajni regulacioni transformator, sa po pet izvoda na sekundaru i tercijeru.

Ključne reči: Distributivna mreža, Regulacija napona i štete.

Abstract – In this paper, the influence of the change in the production of distribution generators (DG) on the mode of operation of the distribution network (DM), voltage regulation and damage suffered by consumers is considered. The impact analysis was performed on the example of a simple DM consisting of a three-winding regulation transformer, with five leads each on the secondary and tertiary.

Keywords: Distribution network, Regulation of voltages and damages

1 UVOD

Sve veći uticaj, tzv. penetracija, obnovljivih energetskih izvora (RES – renewable energy sources) i električnih vozila (EV – electric vehicles) značajno utiče na tradicionalne distributivne mreže (DM). Do juče potpuno pasivne DM, sa nedvosmisleno definisanim tokovima aktivne snage, od korena DM do potrošača, postaju sve aktivnije DM, sa dvosmernim protokom aktivne snage [1,2,3]. Posledica ovakvih promena su zagušenje mreže i niske/visoke vrednosti napona, obrnuti tok snage i suprotstavljenih interesa proizvođača, distributera i korisnika električne energije, itd. [4,5,6]. Jasno je da tradicionalni Volt Var resursi (transformatori sa promenom napona pod opterećenjem, regulatori napona, otočne kondenzatorske baterije) i davno uspostavljeni koncepti regulacije napona (automatski regulator napona sa karakteristikom zakona regulacije, lokalna automatizacija) ne mogu da se izbore sa problemima koje donose aktivne DM.

U posebnom problemu su potrošači koji usled velikih, iznenadnih promena vrednosti napona, trpe štetu. Ukoliko se vrednost napona poveća u odnosu na nominalnu vrednost, dolazi do smanjenja veka trajanja električnih aparata, ako se ona smanji dolazi do smanjenja stepena korisnosti. Upravo mogućnost minimizacije (kontrole) kvantitativnog pokazatelja štete, predstavlja osnovni motiv za regulaciju napona potrošača [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Goran Švenda, red. prof.

Nakon uvoda u drugoj glavi dat je kratak pregled osnovnih pojmova koji se spominju u radu. U trećem poglavlju pažnja se posvećuje algoritmu za proračun tokova snaga i proračun regulacije napona potrošača. U četvrtom poglavlju objašnjeni su gubici u DM. U petom poglavlju prikazani su rezultati tokova snaga kao i proračun štete dobijeni uz pomoć Fortran aplikacije, kroz koje se posmatra pozicija regulacione sklopke za koju je šteta najmanja. U šestom poglavlju dat je zaključak o analiziranoj mreži i rezultatima koji su proistekli iz proračuna. Nakon zaključka referentno je navedena literatura korišćena za realizaciju ovog rada.

2 OSNOVNI POJMOVI

U ovom poglavlju obrađeni su osnovni pojmovi koji se spominju u radu. Predstavljene su teorijske osnove o modelovanju elemenata EES-a koji su od interesa u predmetnom zadatku.

2.1 Regulacioni transformatori

Energetski transformatori su statički uređaji koji na principu elektromagnetne indukcije pretvaraju napon ili struju između dva ili više namotaja, pri istoj učestanosti, na druge vrednosti napona i struja. Primenom transformatora omogućeno je da se energija koristi na naponu koji je najekonomičniji, kao i da se proizvodi na naponu koji je najpogodniji. Ako je moduo ili fazni pomeraj fazora napona promenljiv, takvi transformatori su regulacioni transformatori. Oni mogu da se podele na:

- regulacione transformatore sa regulacijom pod opterećenjem (RTrPO) i
- regulacione transformatore s regulacijom u beznaponskom stanju (RTrBS).

3 METODOLOGIJA ZA PRORAČUN TOKOVA SNAGE

Distributivne mreže, za razliku od prenosnih mreža, karakteriše relativno slaba potencijalna upetljanost i radijalni pogon. Standardne metode za proračun tokova snaga u prenosnim mrežama imaju značajno manju efikasnost kada se primenjuju u DM. Da bi se ovi problemi prevazišli, kao i da bi se ovi proračuni maksimalno ubrzali, razvijeni su specijalizovani algoritmi za proračun tokova snaga u distributivnim mrežama.

3.1 Algoritam sumiranja struja

Algoritam počinje inicijalizacijom postupka, a nakon toga sledi iterativni postupak, koji se sastoji od tri koraka:

1. Proračun injektiranih struja:

$$i_i^{(h)} = \left(\frac{s_{p,i}}{V_i^{(h-1)}} \right)^* + y_{0,i} \cdot V_i^{(h-1)}, i = 1, \dots, n_{cv} \quad (2.1)$$

2. Proračun struja po granama:

$$j_i^{(h)} = i_i^{(h)} + \sum_{j \in i} j_j^{(h)}, i = n_{gr}, \dots, 1, \quad (2.2)$$

3. Proračuna napona u čvorovima:

$$V_i^h = V_{i-1}^{(h)} - z_i \cdot j_i^{(h)}, i = 1, \dots, n_{cv} \quad (2.3)$$

3.2 Regulacija napona potrošača

Smanjenje veka trajanja električnih aparata s povećanjem napona, odnosno smanjenje stepena korisnosti sa smanjenjem napona u odnosu na nominalnu vrednost, samo su neki od brojnih primera negativnih posledica po korisnike električne energije.

Dakle, za napon veći ili manji od te vrednosti, šteta koju trpe električni aparati koji se napajaju s tog mesta - raste.

$$\dot{S} = C \cdot (u - u^{ref})^2 \cdot E, \quad (3.2.1)$$

pri čemu je sa E označena energija isporučena potrošaču u apsolutnim jedinicama (kWh). Relativne (procentualne) vrednosti napona iznose [2]:

$$u = \frac{U}{U_n} \cdot 100, \quad u^{ref} = \frac{U^{ref}}{U_n} \cdot 100 \quad (3.2.2)$$

pri čemu su sa U i U^{ref} označene vrednosti aktuelnog napona potrošača u kV, a sa U_n odgovarajuće nominalne vrednosti mreže sa koje se taj potrošač napaja.

Proizvod kvadrata odstupanja napona i energije je nosilac štete koju potrošač trpi usled odstupanja napona; njegova dimenzija je (%)²kWh. Mogućnost kontrole (minimizacije) kvantitativnog pokazatelja štete (%)²kWh, predstavlja osnovni motiv za regulacije napona potrošača. Održavanje tog pokazatelja na tolerantnom nivou zahteva održavanje napona na elementarnim potrošačima unutar tolerantnih granica. Te granice su obično od -5% (donja) do +5% (gornja) u odnosu na nominalnu vrednost [2]. I

4 ANALIZA GUBITAKA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

Ostvareni ili ukupni gubici električne energije u DM predstavljaju razliku između preuzete i isporučene (prodate) električne energije. Dakle, kao potreban uslov za praćenje i analizu gubitaka neophodno je raspolagati sa mernim uređajima na mestima nabavke i isporuke električne energije. Na osnovu izračunate razlike između preuzete i isporučene energije može se proceniti da li treba unaprediti funkcionisanje DM, s obzirom na gubitke. Relativno veliki gubici predstavljaju siguran pokazatelj da to treba svakako uraditi. Međutim, tek dodatnim analizama koje za rezultat imaju razdvajanje gubitaka po naponskim nivoima ili pojedinim oblastima, mogu se ustanoviti kritična mesta, odrediti uzroci nastajanja i eventualno preduzeti mere za njihovo smanjenje. Zato je za početak potrebno detaljno predstaviti strukturu gubitaka. Gubici se prema načinu nastanka dele na:

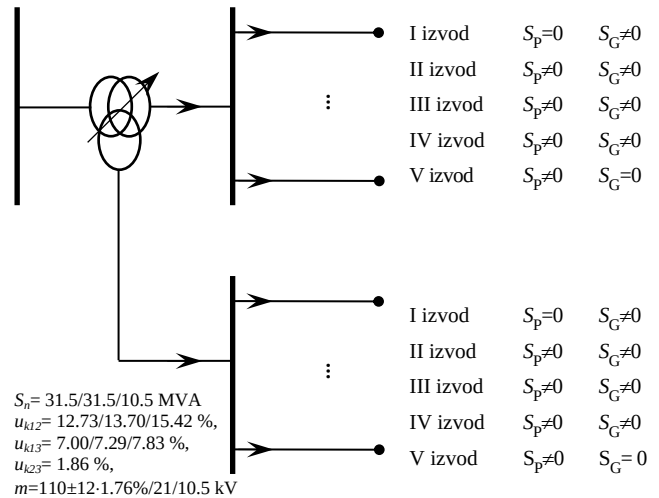
1. tehničke gubitke,
2. komercijalne gubitke [4].

5 NUMERIČKA VERIFIKACIJA PRORAČUNA

Cilj ovog rada je da se kroz analizu vrednosti dobijenih proračunima tokova snaga, kvantifikuje uticaj DG na režim DM. Pritom, analiziraju se različiti režimi DM, sa različitim vrednostima potrošnje potrošača i različitim vrednostima proizvodnje DG. Od ključnog interesa za korektan rad celokupnog sistem jeste kvalitetna procena režima DM [7,8].

U tu svrhu, razmatra se jednostavna DM prikazana na slici 5.1. Nju čine tronamotajni regulacioni transformator VN/SN/SN (RTr), sa po pet SN izvoda na njegovom sekundaru i tercijaru:

- I izvod - nema potrošače, na njegovom kraju je priključen distributivni generator (DG₁) snage S_G ;
- II izvod - na kraju voda je priključen potrošač ukupne snage S_p i DG₂ snage S_G ;
- III izvod - ima N jednakih ravnomerno raspoređenih potrošača ukupne snage S_p i DG₃ na kraju voda snage S_G ;
- IV izvod - ima N jednakih ravnomerno raspoređenih potrošača ukupne snage S_p i DG₄ na sredini voda;
- V izvod - na kraju voda je priključen jedan potrošač ukupne snage S_p .



Slika 5.1 – Jednostavna distributivna mreža

Razmatraju se sledeći režimi:

- ukupna snaga svih potrošača na izvodima II, III i IV je međusobno jednaka S_p i u zavisnosti od trenutka iznosi:

$$\begin{aligned} S_p &= 4.0 - j2.0 \text{ [MVA]} \\ S_p &= 4.0 + j2.0 \text{ [MVA]} \\ S_p &= 4.0 - j0.0 \text{ [MVA]} \end{aligned}$$

(ukupna snaga se istovremeno, jednako menja na svim izvodima sa potrošnjom);

- ukupna snaga svih potrošača na izvodima II, III i IV priključenih na tercijar za slučaj kada je $S_G=0$ je međusobno jednaka S_p''' i u zavisnosti od trenutka iznosi:

$$\begin{aligned} S_p''' &= 1.3 - j0.5 \text{ [MVA]} \\ S_p''' &= 1.3 + j0.5 \text{ [MVA]} \\ S_p''' &= 1.3 - j0.0 \text{ [MVA]} \end{aligned}$$

(ukupna snaga se istovremeno, jednako menja na svim izvodima sa potrošnjom);

- snaga DG se menja od 0 do 8 MW, DG rade sa konstantnim faktorom snage $\cos \varphi_G = 1$ (snaga DG se istovremeno menja na svim izvodima);
- broj ravnomerno raspoređenih potrošača na izvodima III i IV je istovremeno, ili $N=4$, ili $N=9$.

U nastavku razmatra se devet primera:

1. $S_G = 0.0 - j0.0$ [MVA] $S_P = 4.0 - j0.0$ [MVA]
2. $S_G = 4.0 - j0.0$ [MVA] $S_P = 4.0 - j0.0$ [MVA]
3. $S_G = 8.0 - j0.0$ [MVA] $S_P = 4.0 - j0.0$ [MVA]
4. $S_G = 0.0 - j0.0$ [MVA] $S_P = 4.0 - j2.0$ [MVA]
5. $S_G = 4.0 - j0.0$ [MVA] $S_P = 4.0 - j2.0$ [MVA]
6. $S_G = 8.0 - j0.0$ [MVA] $S_P = 4.0 - j2.0$ [MVA]
7. $S_G = 0.0 - j0.0$ [MVA] $S_P = 4.0 + j2.0$ [MVA]
8. $S_G = 4.0 - j0.0$ [MVA] $S_P = 4.0 + j2.0$ [MVA]
9. $S_G = 8.0 - j0.0$ [MVA] $S_P = 4.0 + j2.0$ [MVA]

Za sve primere, razmatraju se sledeće vrednosti:

- gubici aktivne i reaktivne snage u DM i na svakom izvodu posebno;
- napon na sekundaru i tercijaru Tr i na kraju svakog izvoda;
- struja na sekundaru i tercijaru Tr i na početku izvoda.

5.1 N=4 – analiza

Izvodi jednostavne DM imaju po četiri ravnomerno raspoređenih potrošača na izvodima III i IV, $N=4$.

Ključni rezultati, za razmatranih devet primera, prikazani su u tabeli 5.1.1 i 5.1.2 U tabeli su prikazane optimalne pozicije teretnog menjača T_{opt} , vrednosti minimalne štete $\dot{S}_{min}$, modula napona V_{SN-opt} i modula struje I_{SN-opt} na sekundaru RTr, minimalne vrednosti napona u DM V_{min} i ukupni gubici aktivne snage ΔP .

Tabela 5.1.1 – 10kV DM sa 4 čvora

	T_{opt}	$\dot{S}_{min}$ [n.j.]	V_{SN-opt} [kV]	I_{SN-opt} [A]	V_{min} [kV]	ΔP [kW]
1.	10	33	10.09 – j1.21	144.14 – j18.36	9.94 – j1.31	61.61
2.	10	396	10.01 – j0.22	97.05 – j94.63	8.39 – j1.33	1560.6
3.	9	61	9.88 – j1.80	403.68 – j106.30	9.51 – j1.350	1599
4.	7	5	10.10 – j1.22	150.90 – j36.72	9.99 – j1.38	70.24
5.	8	26	10.30 – j0.08	–26.15 – j23.60	10.06 – j0.48	1948
6.	7	51	10.11 – j0.76	–80.92 – j30.12	9.90 – j0.17	5063
7.	13	7	10.03 – j1.21	138.19 – j74.44	9.84 – j1.26	71.92
8.	14	93	9.91 – j0.038	15.40 – j241.50	9.26 – j0.14	667.80
9.	16	69	9.93 – j2.15	–452.40 – j345.0	9.35 – j1.85	1724.5

Tabela 5.1.2 – 20kV DM sa 4 čvora

	T_{opt}	$\dot{S}_{min}$ [n.j.]	V_{SN-opt} [kV]	I_{SN-opt} [A]	V_{min} [kV]	ΔP [kW]
1.	10	30	20.32 – j2.05	454 – j58	19.38 – j2.71	459
2.	10	59	20.24 – j0.39	10 – j9.56	19.35 – j1.11	357
3.	9	66	19.65 – j2.83	–411 – j93	18.86 – j1.94	1225
4.	7	14	20.19 – j2.03	483 – j161	19.99 – j1.38	564
5.	8	22	20.90 – j0.24	1.82 – j39	20.41 – j0.88	432
6.	7	51	20.47 – j2.26	–81 – j27	20.10 – j1.06	1231
7.	13	64	20.37 – j2.11	433 – j283	19.08 – j2.33	588.
8.	14	60	20.26 – j0.07	13 – j236	18.89 – j0.42	4793
9.	16	121	20.20 – j3.41	–344 – j336	19.03 – j2.87	1679

Analiza pozicije regulacione sklopke i štete za DM za razmatranih devet primera, prikazani su u tabeli 5.1.3 U tabeli su prikazane optimalne pozicije teretnog menjača T_{opt} , vrednosti minimalne štete $\dot{S}_{min}$ u celokupnoj DM,

vrednosti minimalne štete $\dot{S}_{min[10kV]}$ u 10kV delu DM, vrednosti minimalne štete $\dot{S}_{min[20kV]}$ u 20kV delu DM. Obeležene su minimalne vrednosti za 10 kV deo DM, 20 kV deo DM i celokupnu DM.

Tabela 5.1.3 – Pozicije regulacione sklopke i štete u DM

	T_{opt}	$\dot{S}_{min}$ [n.j.]	$T_{opt[10kV]}$	$\dot{S}_{min[10kV]}$ [n.j.]	$T_{opt[20kV]}$	$\dot{S}_{min[20kV]}$ [n.j.]
1.	10	33.00	10	3.14	10	29.86
2.	10	455.24	10	396.36	9	42.63
3.	9	126.88	9	60.90	9	65.98
4.	7	19.04	7	5.02	7	14.02
5.	7	119.35	8	58.65	7	51.25
6.	8	48.14	8	26.22	8	21.92
7.	13	71.79	13	7.80	14	55.33
8.	14	153.18	14	93.53	14	59.65
9.	16	190.64	16	69.72	15	87.09

U tabeli 5.1.4 su dati podaci o aktivnim gubicima u 10kV delu DM, aktivnim gubicima u 20kV delu DM i ukupni aktivni gubici u DM. Aktivni gubici 10kV delu DM su mnogostruko veći o odnosu na aktivne gubitke u 20kV delu DM.

Tabela 5.1. 4 – Aktivni gubici u DM

	T_{opt}	ΔP total	ΔP total 10kV	ΔP total 20kV
1.	10	520.61	61.61	459.00
2.	10	1917.99	1560.64	357.35
3.	9	2824.77	1598.97	1225.80
4.	7	634.73	70.24	564.49
5.	7	2379.96	1947.96	432.00
6.	8	6294.34	5063.01	1231.33
7.	13	660.36	71.92	588.44
8.	14	1147.63	667.80	479.83
9.	16	3403.57	1724.48	1679.09

Na osnovu prikazanih vrednosti može se zaključiti sledeće:

- Za sve razmatrane slučajeve šteta je minimalna za pozicije oko nominalne pozicije regulacione sklopke.
- Najveći gubici u DM su kada je $S_G = 8.0 + j0.0$ MVA i generiše se na vodovima broj 8 i broj 13.
- Za vrednost $S_G = 4.0 + j0.0$ MVA ukupni aktivni gubici u 20kV deo DM se smanjuju dok se za 10kV deo DM aktivni gubici povećavaju.

5.2 N=9 – analiza

Ključni rezultati, za razmatranih devet primera, prikazani su u tabeli 5.2.1 i 5.2.2 U tabeli su prikazane optimalne pozicije teretnog menjača T_{opt} , vrednosti minimalne štete $\dot{S}_{min}$, modula napona V_{SN-opt} i modula struje I_{SN-opt} na sekundaru RTr, minimane vrednosti napona u DM V_{min} i ukupni gubici aktivne snage ΔP .

Tabela 5.2.1 – 10kV DM sa 9 čvora

	T_{opt}	$\dot{S}_{min}$ [n.j.]	V_{SN-opt} [kV]	I_{SN-opt} [A]	V_{min} [kV]	ΔP [kW]
1.	10	7	10.09 – j1.20	139.01 – j17.49	9.95 – j1.30	96.82
2.	8	43	9.93 – j0.02	–3.76 – j10.32	9.48 – j0.41	574.85
3.	9	75	9.87 – j1.82	–415.61 – j0.11	9.51 – j1.36	2048.3
4.	8	44	10.01 – j1.37	217.22 – j54.58	9.38 – j1.46	388.44
5.	8	88	10.27 – j0.03	–0.20 – j17.41	9.65 – j0.20	2067.6
6.	8	123	10.12 – j0.78	–80.95 – j6.79	9.57 – j0.56	6302.8
7.	13	8	10.04 – j1.22	139.06 – j0.07	9.84 – j1.28	123.57
8.	14	84	9.93 – j53.29	0.92 – j233.78	9.28 – j127.64	745.74
9.	15	99	9.82 – j1.95	–367.51 – j333	9.22 – j1.65	2226.4

Tabela 5.2.2 – 20kV DM sa 9 čvora

	T_{opt}	$\dot{S}_{min}$ [n.j.]	V_{SN-opt} [kV]	I_{SN-opt} [A]	V_{min} [kV]	ΔP [kW]
1.	10	36.98	20.32 – j2.05	455.32 – j57.50	19.38 – j2.70	432.08
2.	8	43.15	19.87 – j0.05	20.98 – j10.02	18.97 – j0.82	336.06
3.	9	80.37	19.63 – j2.84	-400.66 – j92.	18.85 – j1.94	1057.82
4.	8	19.10	20.19 – j2.32	485.20 – j155	19.55 – j3.42	529.12
5.	8	25.65	20.83 – j0.09	4.36 – j40.41	20.38 – j1.23	398.15
6.	8	79.41	20.56 – j2.26	-78.66 – j28.22	20.19 – j1.08	1062.26
7.	13	77.17	20.39 – j2.12	433.34 – j283	19.11 – j2.34	553.12
8.	14	69.66	20.27 – j0.05	23.05 – j241.05	19.00 – j0.39	439.22
9.	15	91.54	19.94 – j3.03	-355.05 – j322	18.78 – j2.49	1144.58

Analiza pozicije regulacione sklopke i štete za DM za razmatranih devet primera, prikazani su u tabeli 5.2.3 U tabeli su prikazane optimalne pozicije teretnog menjača T_{opt} , vrednosti minimalne štete $\dot{S}_{min}$ u celokupnoj DM, vrednosti minimalne štete $\dot{S}_{min[10kV]}$ u 10kV delu DM, vrednosti minimalne štete $\dot{S}_{min[20kV]}$ u 20kV delu DM. Obeležene su minimalne vrednosti za 10kV deo DM, 20kV deo DM i celokupnu DM.

Tabela 5.2.3 – Pozicije regulacione sklopke i štete u DM

	T_{opt}	$\dot{S}_{min}$ [n.j.]	$T_{opt[10kV]}$	$\dot{S}_{min[10kV]}$ [n.j.]	$T_{opt[20kV]}$	$\dot{S}_{min[20kV]}$ [n.j.]
1.	10	44.37	10	7.39	10	36.98
2.	8	86.47	8	43.32	8	43.15
3.	9	155.70	9	75.33	9	80.37
4.	8	63.09	8	43.98	8	19.10
5.	8	114.06	8	88.41	8	25.65
6.	8	202.62	8	123.21	8	79.41
7.	13	85.92	13	8.76	13	77.17
8.	14	154.49	14	84.83	14	69.66
9.	15	191.10	15	99.56	15	91.54

U tabeli 5.2.4 dati su podaci o aktivnim gubicima u 10kV delu DM, aktivnim gubicima u 20kV delu DM i ukupni aktivni gubici u DM. Aktivni gubici 10kV delu DM su mnogostruko veći o odnosu na aktivne gubitke u 20kV delu DM.

Tabela 5.2.4 – Aktivni gubici u DM

	T_{opt}	ΔP total	ΔP total 10kV	ΔP total 20kV
1.	10	528.9	96.82	432.08
2.	8	910.91	574.85	336.06
3.	9	3106.08	2048.36	1057.82
4.	8	917.56	388.44	529.12
5.	8	2465.78	2067.63	398.15
6.	8	7365.08	6302.82	1062.26
7.	13	676.69	123.57	553.12
8.	14	1184.96	745.74	439.22
9.	15	3371.01	2226.43	1144.58

Na osnovu prikazanih vrednosti može se zaključiti:

- Za sve razmatrane slučajeve šteta je minimalna za pozicije oko nominalne pozicije regulacione sklopke.
- Najveći gubici u DM su kada je $S_G = 8.0 + j0.0$ MVA i generiše se na vodovima broj 8 i broj 13.
- Za vrednost $S_G = 4.0 + j0.0$ MVA ukupni aktivni gubici u DM se smanjuju u 20kV delu DM dok se u 10kV delu mreže povećavaju i za sva tri tipa potrošača.
- Aktivni gubici u 10kV delu DM su mnogostruko veći u odnosu na 20kV deo DM.

6 ZAKLJUČAK

Velike transformacije se dešavaju u celokupnom elektroenergetskom sektoru.

Posebno velike promene trpe DM, one od tradicionalno pasivnih postaju sve više aktivne mreže. Novi uređaji i tehnologije koje te promene donose čine DM sve kompleksnijom, sve težom za upravljanje, analizu, regulaciju i planiranje. Na primeru jednostavne DM analiziran je uticaj DG na regulaciju napona i štetu koju potrošači trpe usled odstupanja napona od nominalne vrednosti.

Na osnovu dobijenih rezultata može da se zaključi sledeće:

- šteta raste sa porastom odstupanja napona od nominalne vrednosti;
- minimalna šteta za 10 kV i za 20 kV deo mreže nije za istu poziciju regulacione sklopke;
- sa porastom snage DG smanjuju se gubici u mreži, ali samo do određenih granica, npr. za snagu od 8 MW gubici u mreži se povećavaju;
- za iste parametre vodova, gubici su veći u 10 kV mreži u odnosu na 20 kV mrežu;

7 LITERATURA

1. G.Švenda: Specijalizovani softveri u elektroenergetici, skripta sa predavanja iz istoimenog predmeta na master studijama, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2019.
2. G.Švenda, Z.Simendić: Adaptive On-Load Tap-Changing Voltage Control for Active Distribution Networks; *Electrical Engineering*, vol. 104, pp. 1041-1056, August 2021. DOI: [10.1007/s00202-021-01357-8](https://doi.org/10.1007/s00202-021-01357-8)
3. G.S.Švenda, Z.Simendic, V.Strezoski: Advanced Voltage Control Integrated in DMS, *Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 43, Issue 1, December 2012, pp. 333-343; DOI: [10.1016/j.ijepes.2012.05.014](https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2012.05.014)
4. J.Quiros-Tortos, L.F.Ochoa, S.W.Alnaser, et al.: Control of EV charging points for thermal and voltage management of LV networks, *IEEE Trans. on PS*, vol. 31, pp. 3028-3039, July 2016. DOI: [10.1109/TPS.2016.2596554](https://doi.org/10.1109/TPS.2016.2596554)
5. S.Hashemi, J.Østergaard: Methods and strategies for overvoltage prevention in low voltage distribution systems with PV, *IET Renew. Power Gener.*; vol. 11, pp. 205-214, November 2016. DOI: [10.1049/iet-rpg.2016.0277](https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2016.0277)
6. A.Ul-Haq, C.Cecati, K.Strunz, et al: Impact of Electric Vehicle Charging on Voltage Unbalance in an Urban Distribution Network; *Intell. Ind. Syst.*, vol 1, pp. 51-60, May 2015. DOI: [10.1007/s40903-015-0005-x](https://doi.org/10.1007/s40903-015-0005-x)
7. G.Švenda, V.Strezoski, S.Kanjuh: Real-life distribution state estimation integrated in the distribution management system, *Int. Trans. Electrical Energy Systems*, Vol. 27, Issue 5, e2296, May 2017, pp. 1-16; DOI: [10.1002/etep.2296](https://doi.org/10.1002/etep.2296)
8. G.Švenda, S.Kanjuh: Automatically Generated Three-Phase State Estimation for Unbalanced Distribution Power Grids; *IEEE PESGM 2021*, No. 21PESGM2111, July 26-29 2021, USA; DOI: [10.1109/PESGM46819.2021.9638188](https://doi.org/10.1109/PESGM46819.2021.9638188)

Kratka biografija:



Miloš Petrović rođen je u Novom Sadu 1994. godine. Osnovne studije završio na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i Računarstvo – Elektroenergetski sistemi 2017. god. i 2017. god. upisao master studije na istom fakultetu

**УПРАВЉАЊЕ ДОГАЂАЈИМА У СОФТВЕРСКИМ СИСТЕМИМА ЗАСНОВАНИМ
НА ТЕХНОЛОГИЈАМА РАЧУНАРСТВА У ОБЛАКУ****LOG MANAGEMENT IN SOFTWARE SYSTEMS BASED ON CLOUD TECHNOLOGIES**Милан Маринковић, Горан Савић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

Кратак садржај – У овом раду представљен је софтверски систем за управљање догађајима заснован на технологијама рачунарства у облаку. При реализацији овог система, коришћен је ELK stack скуп алата. Предложени систем се састоји из агената чији задатак је прикупљање догађаја, Kafka система који прима прикупљене догађаје од агената, Logstash алата који врши процесирање догађаја, Elasticsearch базе података у којој се складиште догађаји и Kibana алата за визуализацију догађаја. При реализацији система је коришћена IaaS категорија рачунарства у облаку. Систем представља push-based тип система. Догађаји који се прикупљају су догађаји оперативног система, апликативни догађаји, те догађаји nginx сервиса, а могуће је прикупљати и произвољне догађаје. Имплементирана је апликација која представља друштвену мрежу за објављивање фотографија, која користи овај систем за управљање догађајима.

Кључне ријечи: управљање догађајима, рачунарство у облаку, ELK stack скуп алата

Abstract – The paper proposes a software system for log management based on cloud technologies. The proposed architecture uses ELK stack tools. It consists of agents that collect events, a Kafka system for receiving events from agents, a Logstash tool for processing events, an Elasticsearch database for storing events, and a Kibana tool for visualizing events. The system uses the IaaS category of cloud computing. It represents a push-based type of system. Events collected by the system are events of the operation system, application events, and nginx events. The system can fetch custom events. It's implemented social media application for publishing images that use this system for log management.

Keywords: log management, cloud computing, ELK stack tools

1. УВОД

Управљање догађајима је један од важнијих, али и сложенијих елемената при развоју софтверских система. Догађај представља било коју акцију у систему и углавном укључује покушај промјене стања система. Догађај углавном садржи вријеме, акцију, и било који детаљ у вези са догађајем или окружењем,

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Горан Савић, ванр. проф.

који може помоћи у објашњењу или разумијевању последица и ефеката које је тај догађај произвео [1].

Управљање догађајима подразумева рад са великом количином података коју је потребно прикупити, чувати, анализирати и на адекватан начин одреаговати уколико се уоче догађаји који могу изазвати штету на систему. Управљање догађајима често није само одлука организације да имплементира овај систем, него и законска обавеза, посебно уколико се ради са осјетљивим подацима. Због тога је потребно дизајнирати систем који ће моћи да задовољи све захтјеве како саме организације, тако и правних регулатива. Дизајнирање система за управљање догађајима је сложен и спор процес, те се организације често одлучују на постојећа рјешења, али је њихова цијена веома висока [1, 2].

Рад се бави начинима евиденције догађаја у софтверским системима, које кораке је потребно имплементирати, на који начин, о чему је потребно водити рачуна при имплементацији, ... Посебан фокус је дат на евиденцији догађаја у софтверским системима коришћењем рачунарства у облаку, као модерне и доминантно заступљене технике развоја софтвера. У контексту тога је предложено рјешење архитектуре система за управљање догађајима у софтверским системима коришћењем рачунарства у облаку, које је засновано на алатима отвореног кода, који су бесплатни, ELK stack [3] скупу алата, као и додатним алатима који могу помоћи у имплементацији овог система. Коришћењем рачунарства у облаку омогућено је да се на једноставан и брз начин испоручи систем, те изврши једноставно скалирање апликација на захтјев.

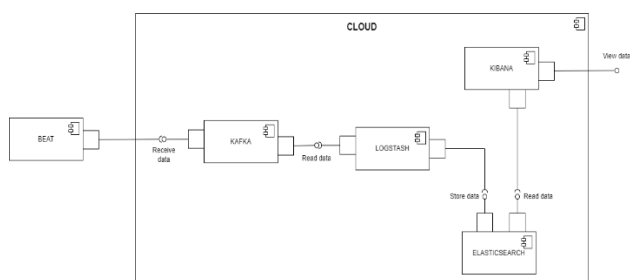
**2. УПРАВЉАЊЕ ДОГАЂАЈИМА
КОРИШЋЕЊЕМ ELK STACK СКУПА АЛАТА**

У овом поглављу ће бити детаљније објашњена предложена архитектура система, као и имплементација предложене архитектуре и корака при управљању догађајима.

2.1. Архитектура система

Архитектура система се састоји од Elasticsearch базе података, за коју је креиран кластер, Logstash и Kibana алата, те Kafka система. За реализацију овог система је одабрана IaaS [4] категорија рачунарства у облаку. На овом серверу се налазе све компоненте које су у вези са управљањем догађајима, како би систем био потпуно изолован и независан од остатка

система. Док се на свим осталим серверима, на којима се налазе апликације, налазе и *beat* алати. Слика 1 је приказ архитектуре система.



Слика 1. Архитектура система

Сваки сервер са апликацијом, садржи *Metricbeat*, *Packetbeat*, *Filebeat*, *Heartbeat* и уколико је сервер са *Windows* оперативним системом, налази се још и *Winlogbeat* алат. Обзиром да *beat* алати прикупљају податке и шаљу ка централној јединици, ово представља *push-based* архитектуру система, која нам омогућава да на једноставан начин додајемо нове сервере, без да се мора вршити измјена на централној процесорској јединици. Један од главних проблема код *push-based* архитектуре система јесте потенцијална загушеност, јер централна јединица не може да контролише количину података коју прима.

Logstash може да обради око пар десетина хиљада података у секунди, а обзиром да не подржава кластер и троши доста ресурса, није једноставно извршити скалирање. Као алтернатива *Logstash* алату, одлучено је да се користи *Kafka* систем. *Kafka* систем је платформа за стримовање догађаја која има способност да обради преко милион догађаја у секунди. Састоји се од кластера, издавача (енг. *publisher*) и претплатника (енг. *subscriber*). Издавачи шаљу поруке на *Kafka* систем и уписују их у теме (енг. *topic*). Тако ће сви подаци који долазе од *beat* алата ићи на *Kafka* систем и у зависности од самог *beat* алата уписивати у одређену тему.

Након *Kafka* система долази *Logstash* алат који се претплаћује на теме и чита податке из њих, претпроцесира их и онда шаље ка *Elasticsearch* бази података. Ова архитектура нема стандардизован формат логова, него се користи више различитих формата логова. У свакој теми се налази посебан формат података, те је за сваку тему дефинисан посебан *Logstash* софтверски ток (енг. *pipeline*), који на одговарајући начин процесира податке из тема.

Процесирани подаци се даље шаљу ка *Elasticsearch* бази података у којој се складиште, након чега те податке користи *Kibana* алат у ком се врши анализа и визуализација података.

Компоненте *Kafka*, *Elasticsearch*, *Kibana* и *Logstash* су покренуте у *Docker* контејнерима. *Docker* је алат који омогућава брзу изградњу, тестирање и испоруку кода. *Docker* пакује софтвер у стандардизоване јединице које се зову контејнери. Контејнер је покренута инстанца софтвера која се креира од *Docker* слика. Обзиром да је потребно покренути више апликација у *Docker* контејнерима, за ту сврху се користи алат *compose*.

2.2. Складиштење логова

За складиштење логова се користи *Elasticsearch* база података. За сваки формат логоа је креиран посебан индекс. За логове који долазе са *beat* алата, осим *Filebeat* алата, користе се предефинисане одговарајуће схеме које су креиране од стране *Elastic.co* организације. За све логове које прикупља *Filebeat* алат креиране су посебне схеме које одговарају формату логова које *Filebeat* алат добавља. Сваки индекс има један оригинални фрагмент (енг. *shard*) и по једну копију. На овај начин је обезбијеђена резервна копија података у случају да дође до отказа на једном од чворова. Проблем који постоји је то што су оба чвора на истој машини, ако дође до отказа на самој машини, трајно се губе сви подаци.

Ротација логова је имплементирана на дневном нивоу. Ово је реализовано тако што се у *Logstash* софтверског тока приликом слања података у *Elasticsearch* базу података наводи назив индекса, међутим сви називи су у формату име-ГГГГ.ММ.ДД (ГГГГ – представља годину, ММ – представља мјесец, ДД – представља дан), при чему ће сваки дан индекс имати нови назив, те ће *Elasticsearch* то третирати као посебан индекс. Међутим, проблем који се овдје јавља је велика количина индекса која може значајно да троши ресурсе система. Како би се број индекса смањено, дефинисана је скрипта која се позива сваких седам дана и која позива *Elasticsearch API* који врши реиндексирање, тако што све индексе настале у тих седам дана спаја у један већи индекс, те се на тај начин број индекса смањује седам пута. Поред овога, путем *Kibana* алата је дефинисана и политика животног вијека индекса. Сви индекси имају исту политику животног вијека, која се састоји из четири фазе: врућа фаза, топла фаза, хладна фаза и фаза брисања.

У врућој фази се налазе најновији индекси који ће се највише претраживати и индексирати. Због тога је у сврху ових индекса извршена оптимизација која пружа најбоље перформансе за претраживање и индексирање докумената, али и троши највише ресурса. Индекси у овој фази буду 30 дана од дана креирања.

У топлој фази се налазе индекси старији од 30 дана који се и даље често претражују, али се њихов садржај јако ријетко модификује, те су оптимизовани тако да пруже најбоље перформансе при претраживању, али су перформансе индексирања доста лошије у односу на врућу фазу. У овој фази се налазе индекси стари између мјесец дана и два мјесеца.

Хладна фаза садржи индексе који су старији од два мјесеца и који се ријетко модификују, али и ријетко претражују, те је њихова употреба веома ријетка и чувају се углавном ради задовољавања правних регулатива или *retention* периода. У овој фази, индекси проводе три мјесеца и заузимају најмање меморијског простора.

Обзиром да у овом раду није имплементирано архивирање логова, након неког временског периода, сви логови који изађу из хладне фазе, прелазе у фазу брисања, у којој се врши трајно брисање свих података у индексима и они се заувјек губе. *Elasticsearch*

подржава могућност архивирања логова, тако што ће се дефинисати локација, на којој ће се чувати подаци, и период након ког се врши архивирање логова. *Elasticsearch* подржава архивирање логова на *Azure*, *Google Cloud Storage*, *AWS S3* и на фајл систему сервера на ком се налази *Elasticsearch*.

2.3. Анализа и визуализација података

Анализа података у овом систему се ради ручно. Прате визуализовани подаци, те уколико се уоче одређени проблеми или потенцијалне опасности извршавају се додатни кораци, који би углавном представљали додатно истраживање података постављањем одговарајућих упита ка бази података.

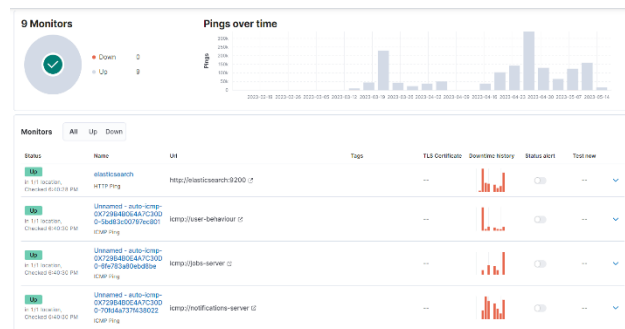
Визуализација података је одрађена путем *Kibana* алата. Визуализовани су сви подаци свих индекса. Подаци који су се визуализовали су читавани из *Elasticsearch* базе података. Приликом креирања визуализације за *Metricbeat*, *Packetbeat*, *Auditbeat* и *Winlogbeat* алате, искоришћени су постојећи темплејти креирани од стране *Elastic.co* организације, који су укључени приликом дефинисања самог *beat* алата. Приликом дефинисања темплејта, може се користити подразумевани темплејт или навести путању до жељеног темплејта, с тим да схема података мора да одговара схеми коју очекује дати темплејт.

Metricbeat има могућност праћења метрика машине на којој се извршава, *Docker* контејнера, *Kubernetes*, *AWS*, *Azure*, *Nginx* сервиса, и многих других сервиса. *Winlogbeat* је задужен за праћење догађаја на машини са *Windows* оперативним системом.

Примарно се прате успјешне и неуспјешне пријаве на систем, број покренутих и стопираних процеса, активни процеси, догађаји и ко је креирао дате догађаје, ниво догађаја (грешка, информативни или догађаји упозорења), ... *Packetbeat* је искоришћен за прикупљање података о саобраћају на машини. *Packetbeat* подржава различите протоколе, као што су *TLS*, *HTTP*, *ICMP*, *DNS*, *MySQL*, ..., те за сваки од тих протокола има предефинисан темплејт за визуализацију. За *Heartbeat* не постоји такав темплејт, него *Kibana* има посебну страницу у дијелу *Observabilities > Uptime > Monitors*, на којој могу да се прате стања свих сервиса. Овдје се налазе информације о сервисима који се прате, њиховом тренутном статусу, адреси на којој се налазе, протоколу путем којих се провјерава њихово стање, историји неактивности, итд.

Поред претходно наведених предефинисаних визуализација, креиране су и двије ручне визуализације чији је циљ да визуализују логове апликација и логове са *nginx* сервиса.

На слици 2 је приказан изглед странице на којој се прате стања сервиса. У овом примјеру се налазе четири сервиса, од којих је један и сам *Elasticsearch* чије се стање провјерава путем *HTTP* протокола, док се стања осталих сервиса провјеравају путем *ICMP* протокола. Такође, на слици се могу видјети и периоди неактивности одређених сервиса.



Слика 2. Приказ статуса сервиса који се прате путем *Heartbeat* алата

3. СТУДИЈА СЛУЧАЈА

Ради демонстрације претходно написаног, урађена је студија случаја. Имплементирана је апликација која представља друштвену мрежу на којој се могу објављивати фотографије корисника, лајковати и коментарисати фотографије. Апликација је заснована на микросервисној архитектури при чему апликација има реализован и систем за управљање догађајима који је претходно објашњен.

Микросервиси који постоје у апликацији су *users-ms*, *posts-ms*, *medias-ms*, *notifications-ms*, *messages-ms* и *user-activities-ms*. Сви микросервиси осим *user-activities-ms* микросервиса имају исту архитектуру која се састоји од базе података, апликације и *filebeat* алата који прикупља логове апликације и просљеђује их ка *Kafka* систему на тему *application-logs*. *User-activities-ms* микросервис се састоји само од апликације која је писана у програмском језику *Node.js*. Сва комуникација између микросервиса иде путем *RabbitMQ* система. Такође, сваки микросервис је покренут у *Docker* контејнеру. Сви захтјеви који стижу од клијентске апликације иду преко *api gateway* микросервиса, гдје се налази *nginx* сервис, који пристигле захтјеве даље просљеђује одговарајућем микросервису. *Api gateway* микросервис такође посједује *Filebeat* алат који прикупља логове генерисане од стране *nginx* сервиса и просљеђује их ка *Kafka* систему на тему *nginx-logs*.

Систем за управљање догађајима је реализован употребом *IaaS* категорије рачунарства у облаку. Самом серверу се приступа путем *ssh* протокола, на порту 22, док су остали портови, осим портова 4500 и 5601, гдје се порт 4500 користи за приступ *Kafka* систему, а порт 5601 се користи за приступ *Kibana* алату, затворени како би се повећала безбједност сервера и апликација које се на њему извршавају.

Kafka систем подразумијевано поруке у темама чува 168 сати, међутим, у овом систему је подешено да се поруке чувају 24 сата, односно један дан, како би се сачувао меморијски простор потребан за складиштење података. У *Elasticsearch* бази података, одабран је интервал освјежавања од 30 секунди, како би се добило на перформансама приликом индексирања, јер претрага у реалном времену није примарна у случају управљања догађајима.

Креиран је *user-activities-ms* микросервис чија је сврха да прати понашање корисника у апликацији путем догађаја које креира. Догађај се креира сваки пут када корисник изврши једну од акција. Акције које се прате су ажурирање профила, објављивање фотографије, слање поруке, запрашивање и отпоришавање корисника, лајковање слике и коментарисање слике.

Клијентска апликација, када корисник изврши акцију, шаље догађај до *api-gateway* микросервиса, који затим то просљеђује до *user-activities-ms* микросервиса. *User-activities-ms* микросервис примљени догађај просљеђује даље до *Kafka* система на тему *user-activities*. Обзиром да је додат нови топик на *Kafka* систем, који не постоји иницијално у систему за управљање догађајима, било је потребно креирати и посебан софтверски ток у *Logstash* алату, као и посебан индекс и схему у *Elasticsearch* бази података.

За потребе ових догађаја креирана је визуализација података у *Kibana* алату. Креирана су два графа. Први граф приказује број догађаја током времена, на основу чега се може закључити у којим периодима корисници највише користе апликацију. На другом графу је приказан проценат акција које су корисници извршили, што даје увид у то које акције корисници најчешће извршавају. Такође, комбиновањем визуализације са додатним упитима, може се закључити какво је понашање појединачних корисника у апликацији.

4. ЗАКЉУЧАК

У овом раду је представљен систем за управљање догађајима који је заснован на технологијама рачунарства у облаку. Имплементиран је систем за управљање догађајима по предложеном дизајну за једну апликацију. Сам систем за управљање догађајима је имплементиран коришћењем *ELK stack* скупа алата у комбинацији са *Kafka* системом. Читав систем је покренут користећи *Docker* контејнере и рачунарство у облаку. Одабрана је *IaaS* категорија рачунарства у облаку. Кораци који су реализовани у овом раду су прикупљање догађаја, које се врши путем употребе *beat* алата, процесирање података употребом *Logstash* алата, складиштење података коришћењем *Elasticsearch* базе података, док је визуализација и анализа података имплементирана уз помоћ *Kibana* алата.

Произвољан формат логова, те да се једноставно могу додати нови крајњи сервери чији се догађаји прате, су неке од предности овог система. Такође, скалирање базе података и *Kafka* система је веома једноставно јер се извршава у кластерима. Додатно је могуће по потреби додати и нове визуелне графике или измијенити постојеће. Захваљујући *KQL* упитном језику могуће је једноставно поставити и сложене упите за претрагу и филтрирање података, а захваљујући индексној структури *Elasticsearch* базе података, перформансе претраге су на високом нивоу, чак и када се ради о великој количини података.

Уколико се жели додати нови формат догађаја, потребно је дефинисати нову тему на *Kafka* систему, те дефинисати нови софтверски ток у *Logstash* алату, док је такође потребно креирати и нову схему за дати формат у *Elasticsearch* бази података, што додавање новог формата чини веома сложеним из угла

конфигурације новог формата. Додавање новог софтверског тока на *Logstash* алату захтјева да се поново покрене инстанца *Logstash* алата. Такође, уколико дође до промјене формата постојећих логова у тренутку када постоји велика количина података за тај формат, потребно је извршити реиндексирање података, што је процес који при великој количини података троши велику количину ресурса система и може да траје данима

Анализа и надгледање података, у предложеној архитектури система за управљање догађајима, се свде на анализу и посматрање од стране човјека, односно, лица задужених за овај посао. Додатно би се рад могао проширити реализацијом система који би аутоматски могли да надгледају и анализирају податке. Реаговање на догађаје представља још један корак који се извршава мануелно и који би се могао аутоматизовати интеграцијом постојећег система са неким новим системом који би када се деси одређени догађај извршио унапријед дефинисану акцију за тај догађај. Такође, пожељно би било имплементирати и корелацију између података, како би се на лакши начин уочили потенцијални проблеми.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] A. Chuvakin, K. Schmidt and C. Phillips, "Logging and log management: the authoritative guide to understanding the concepts surrounding logging and log management", 2012.
- [2] J. Babbin, "Security log management: identifying patterns in the chaos", 2006.
- [3] P. Shukla, S. Kumar, "Learning Elastic Stack 7.0: Distributed search, analytics, and visualization using Elasticsearch, Logstash, Beats, and Kibana", 2019.
- [4] M. J. Kavis, "Architecting the cloud: design decisions for cloud computing service", 2014.

Кратка биографија:



Милан Маринковић рођен је у Бањој Луци 1998. год. Мастер студије на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Софтверско инжењерство и информационе технологије уписао је 2021. год. контакт: milan_marinkovic98@hotmail.com



Горан Савић је ванредни професор на Факултету техничких наука Универзитета у Новом Саду. На истом факултету завршио је мастер студије 2006. године и докторирао 2011. године из области рачунарских наука и информатике. Ужа област интересовања су му електронска настава и пословни информациони системи.

OBUČAVANJE DUBOKIH NEURONSKIH MREŽA VOĐENO PROSTOROM ZNANJA

KNOWLEDGE SPACE DRIVEN TRAINING OF DEEP NEURAL NETWORKS

Andrej Hložan, Milan Segedinac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu opisan je klasifikacioni problem u oblasti dubokog učenja, kako se taj problem rešava danas i predstavljena je jedna ideja kako bi se rešavanje ovakvog problema moglo unaprediti. Opisan je jedan od najpopularnijih algoritama za optimizaciju veštačkih neuronskih mreža – Stohastički gradijentni pad. Opisana je i implementirana ideja kako bi se ovaj optimizacioni algoritam mogao unaprediti pomoću tehnika iz oblasti Teorije prostora znanja i učenja po Kurikulumu (planu i programu) na osnovu generisanog prostora znanja.

Ključne reči: Teorija prostora znanja, Učenje po Kurikulumu, Mašinsko učenje, Duboko učenje, Veštačke neuronske mreže

Abstract – This paper describes the classification problem in Deep learning, how it is solved today, and gives an idea how to improve the solution to this kind of problem. One of the most popular algorithms for the optimization of Artificial neural networks, Stochastic gradient descent, is described. An idea was described and implemented so that this optimization algorithm could be improved using the Knowledge Space Theory and the Curriculum learning based on the defined knowledge space.

Keywords: Knowledge space theory, Curriculum learning, Deep learning, Machine learning, Artificial neural networks

1. UVOD

Zbog velikog porasta količine podataka u različitim tipovima informacionih sistema, podataka na internetu i podataka proisteklih naučnim istraživanjima, u poslednjih nekoliko godina došlo je do potrebe i razvoja nauke o podacima (*Data science*). Cilj ove nauke jeste proučavanje velike količine podataka kako bi se izvukle značajne činjenice iz raznih oblasti života i poslovanja.

Ljudi koji se bave ovom naukom se sve više oslanjaju modele mašinskog učenja iz razloga što je njihov glavni fokus na učenju nad velikim skupovima podataka. Ovi modeli, među kojima su najzastupljeniji modeli na arhitekturama veštačkih neuronskih mreža, danas su vrlo napredni i daju odlične rezultate.

U ovom radu se opisuje jedna grana mašinskog učenja, vrlo popularna u nauci o podacima, a to je rešavanje klasifikacionih problema. Opisana je i implementirana jedna ideja koja može da doprinese porastu kvaliteta obučavanja veštačke neuronske mreže a samim tim i boljim rezultatima klasifikacije. Osnovna ideja rada jeste implementiranje modela na takav način da simulira način na koji se ljudi usavršavaju u nekoj oblasti, a to je da uče lekcije u redosledu od lakših ka težim. Kako bi se ovo moglo izvesti, neophodno je klase označenih podataka svrstati u određene kategorije po težinama savladavanja. Za implementaciju razvrstavanja, ovaj rad se oslanja na tehnike iz oblasti Teorije prostora znanja.

2. PREGLED RELEVANTNE LITERATURE

Ovaj rad se oslanja na istraživanja sprovedena u naučnom radu [4] gde su autori izvršili poređenje obučavanja modela iste arhitekture sa i bez učenja po kurikulumu. Dve vrste modela su razmatrani: modeli koji rešavaju problem klasifikacije i jezički modeli (procesiranje prirodnog jezika). Dobijeni rezultati pokazuju da učenje po kurikulumu mogu pozitivno da utiču kako na performanse modela tako i na brzinu konvergencije prilikom treniranja. Fascinantni rezultati datog naučnog rada daju inspiraciju za dalje unapređenje optimizacije modela mašinskog učenja.

Kako bismo definisali šta je to dobar plan i program, tj. koje oblasti predstavljaju lake a koje teške za savladavanje, rad se velikim delom oslanja na teoreme i postulate iz Teorije prostora znanja [1]. Tehnike iz ove oblasti su implementirane u KST biblioteci [5] koja se koristi kako bi se generisao prostor znanja konkretnog klasifikacionog problema gde se dobijeni prostor znanja kasnije koristi za obučavanje modela.

3. ARHITEKTURA SISTEMA

3.1 Skup podataka

Zadatak od interesa u ovom radu jeste klasifikacija geometrijskih oblika u 3 osnovne klase: krug, trougao i četvorougao. Skup podataka koji se koristi se sastoji od programski generisanih crno-belih slika dimenzija 96x96 piksela. Slike predstavljaju geometrijske oblike različitih vrsta.

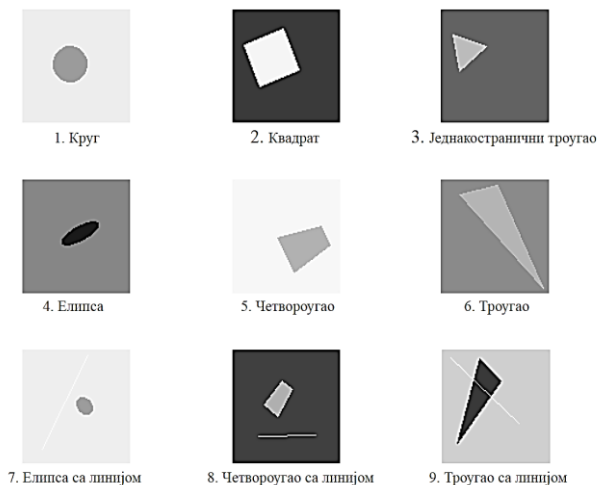
U osnovi su to krug, trougao i četvorougao ali pored toga sadrži i specijalne slučajeve navedenih klasa (slika 1). Step-peni varijabilnosti koji su prisutni u generisanim slikama su:

- Veličina objekta
- Pozicija objekta
- Orijentacija objekta
- Boja objekta i boja pozadine

NAPOMENA:

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

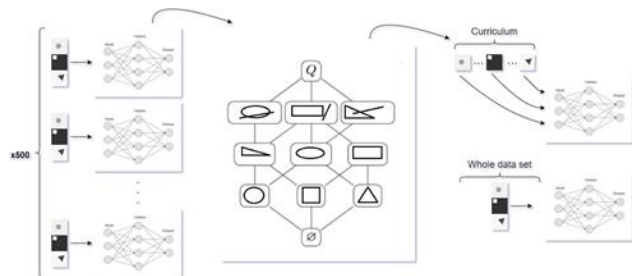
Pored toga, postoje dodatna geometrijska ograničenja prilikom generisanja slika. Ona su prisutna kako bi se osiguralo da bilo koji oblik objekta ceo staje unutar slike i da postoji makar minimalni kontrast i razlika u veličini između pozadine i objekta.



Slika 1: Klase podataka

Podaci su intuitivno podeljeni po težinama. U prvom redu su predstavljeni osnovni oblici: krug, pravilan četvorougao i pravilan trougao. Predpostavka jeste da će ove primere model najlakše moći da savlada. Nakon toga slede nešto teži primeri, tj. zakrivljeni oblici (elipsa, zakrivljeni trougao i zakrivljeni četvorougao). Poslednji i najteži primeri predstavljaju zakrivljene oblike koje sadrže liniju koja predstavlja šum gde je ideja da ovaj šum zasmeta modelu prilikom obučavanja.

3.2 Arhitektura sistema



Slika 2: Arhitektura sistema

Sistem koji rad opisuje se sastoji iz 3 celine:

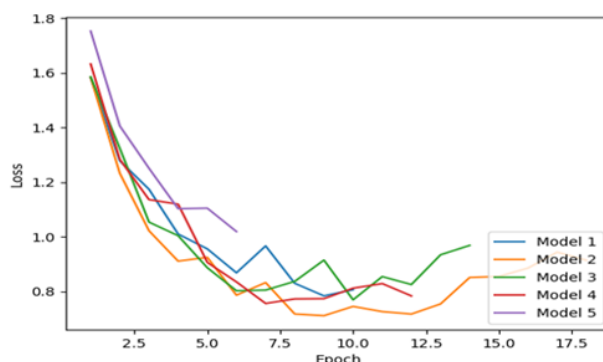
- 1) Obučavanje 500 veštačkih neuronskih mreža nad skupom podataka raspoređenih u 9 klasa opisanih u prethodnom delu. Ove mreže su definisane različitim arhitekturama i obučavaju se nasumičnim brojem epoha. Ideja ovih modela jeste simulacija učenika gde su oni u realnosti svi različitih sposobnosti i troše različite vremenske periode za spremanje ispita.
- 2) Generisanje prostora znanja pomoću obučanih modela (učenika) iz prvog koraka. Svakom modelu se prikazuje po 10 primera svake klase koje do tada model nije video. Ukoliko model pogodi više od 50% prikazanih primera date klase, smatramo da je ona dobro naučila datu klasu. Pomoću ovakvih odgovora generišemo usmereni graf gde čvorove predstavljaju klase geometrijskih oblika a putanje predstavljaju smernicu od lakše klase za učenje ka težoj. Cilj ovako generisanog prostora znanja jeste da nam ukaže redosled klasa po težini savladavanja.

3) Upoređivanje 2 kopije modela iste arhitekture koji je obučavan na 2 načina. Prvo se skup podataka podeli na skup za obučavanje (80%) i skup za validaciju (20%). Prvi model se obučava nad celim skupom za obučavanje sve dok ne dostigne lokalni optimum funkcije greške gde se obučavanje zaustavlja. Drugi model se obučava po planu i programu, tj. redosledom klasa koje definiše prethodno generisani prostor znanja. Oba modela se u toku obučavanja validiraju pomoću validacionog skupa što će nam dati informacije o kvalitetu obučavanja.

4. REZULTATI

4.1 Rezultati obučavanja učenika

Modeli koji predstavljaju učenike se treniraju nad celim skupom podataka gde se za samo treniranje koristi 80% a za validaciju 20% podataka. Na slici 3 je prikazano opadanje funkcije greške 5 nasumično izabranih modela nad validacionim skupom. Primećujemo da različite arhitekture modela utiču na brzinu savladavanja datih klasa. Takođe, samo treniranje je prekidano na nasumičnim mestima kako bismo dobili što veću raznovrsnost učenika. Arhitekture modela i broj iteracija su konfigurisane na takav način da krajnja tačnost modela prelazi 0.55 kako bi modeli bili iskoristivi.



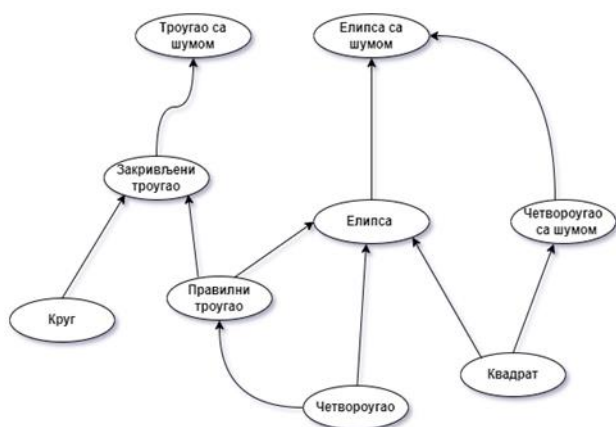
Slika 3: Funkcija greške modela učenika

4.2 Generisani prostor znanja

Obučeni modeli (učenici) dobijaju test od po 10 primera svake klase sa kojima se do tada nisu susreli. Modeli vrše predikcije klase i pomoću njihovih odgovora se kreira matrica koja daje informacije o tome koji model je savladao koju klasu, a koju klasu nije uspeo da nauči. Ova matrica se dalje predaje KST biblioteci koja generiše usmereni graf gde čvorove predstavljaju klase, a ivice usmerenja od polazne ka rezultujućoj klasi. Ivice pokazuju koju je klasu prethodno potrebno savladati kako bi se mogla savladati sledeća.

Generisani prostor znanja je prikazan na slici 4. Prvo što se uočava iz datih rezultata jeste da početna intuitivna predpostavka o odnosu klasa nije daleko od dobijenih rezultata. Na primer, moglo se predvideti da savladavanju kvadrata i kruga neće prethoditi savladavanje neke druge klase. Takođe, tačna predpostavka je bila da su klase sa šumovima najteže za učenje. S druge strane, ono što se nije predviđeno jeste da je elipsa poprilično teška za savladavanje i da joj prethodi neka od klasa: četvorougao, pravilni trougao ili kvadrat. Zanimljiva posledica takođe jeste da pravilnom trouglu prethodi četvorougao. Na osnovu grafa, date klase su podeljene u 3 kategorije:

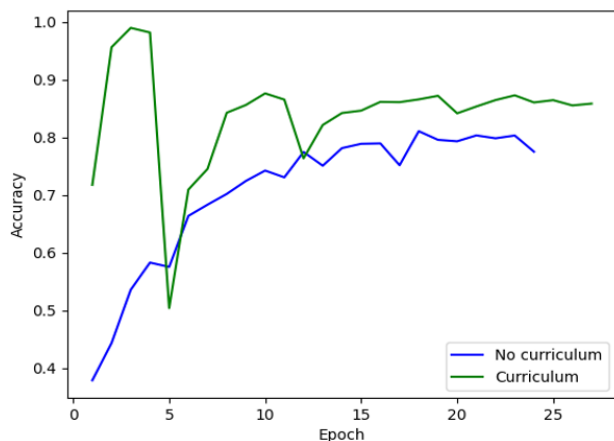
- **Laka:** kvadrat, četvorougao i krug
- **Srednja:** pravilni trougao, elipsa i zakrivljeni trougao
- **Teška:** trougao sa šumom, elipsa sa šumom i četvorougao sa šumom



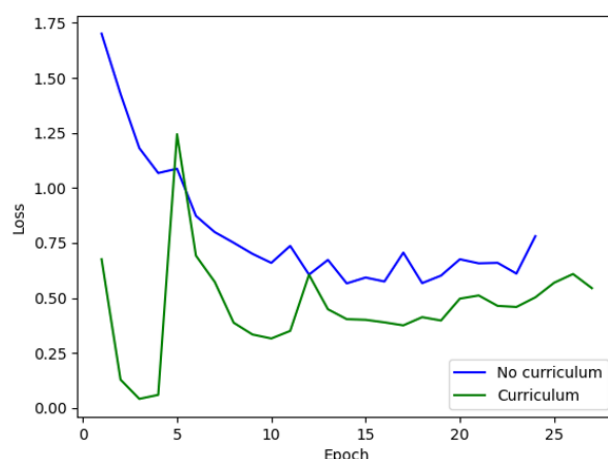
Slika 4: Generisani prostor znanja

4.3 Rezultat učenja modela vođenog prostorom znanja

Na slici 5 je prikazan grafik koji oslikava progres učenja modela na 2 različita načina. Prilikom standardnog obučavanja modela nad celim trening skupom (*No curriculum*) preciznost raste eksponencijalno do određene tačke, tj. epohe 18 gde dostiže svoju maksimalnu preciznost od 0.8107. U datom primeru je modelu dodeljeno strpljenje od 5 epoha u slučaju da preciznost ponovo počne da raste. S druge strane uočavamo drugačije rezultate kada je model obučavan po dobijenom prostoru znanja (*Curriculum*). U prvoj fazi obučavanja u kojoj model uči najlakše primere (kvadrat, četvorougao i krug), preciznost dostiže čak 0.9895 nakon samo 3 iteracije. Pošto u 4. iteraciji preciznost kreće da opada, odmah nastupa sledeća faza gde se skupu dodaju klase srednje težine (pravilni trougao, elipsa i zakrivljeni trougao). Preciznost ove faze je na samom početku 0.5 i samo nakon 6 iteracija dostiže vrednost od 0.8761. Nakon toga se skup proširuje sa najtežim primerima (trougao sa šumom, elipsa sa šumom i četvorougao sa šumom). Preciznost u poslednjoj fazi kreće od 0.7636 i nakon 8 epoha dostiže maksimum od 0.8719.



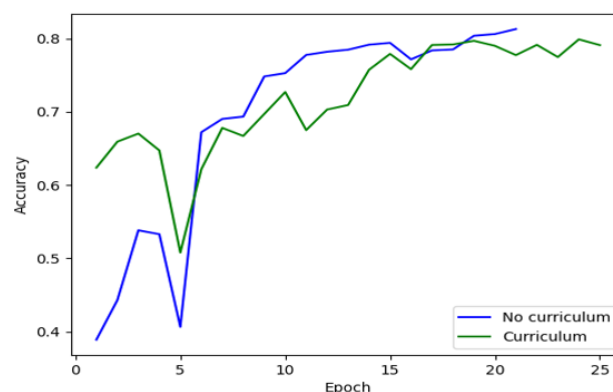
Slika 5: Preciznost finalnog modela



Slika 6: Funkcija greške finalnog modela

4.4 Obrnuti prostor znanja

Kako bismo utvrdili da je razvrstavanje klasa po kategorijama ispravno izvršeno, posmatrano je obučavanje modela iste arhitekture na 2 načina. Prvi način predstavlja klasično obučavanje nad celim trening skupom dok drugi način jeste obučavanje po obrnutom prostoru znanja od generisanog.



Slika 7: Preciznost modela (obrnuti KST)

Na slici 7 je prikazana tačnost obrnutog obučavanja (zeleni boja) u odnosu na obučavanje nad celim skupom podataka odjednom (plava boja). Uočavamo da u prvoj fazi, gde model uči samo 3 klase, preciznost kreće da opada već nakon 3. iteracije a pritom je ona dostigla vrednost od 0.6702. U drugoj fazi obučavanja model dostiže preciznost od 0.7269, dok je u poslednjoj fazi maksimalna preciznost 0.7968. Ovo pokazuje da ovakav redosled klasa nije doprineo poboljšanju obučavanja u odnosu na klasičan način obučavanja te da je generisani prostor znanja dao bolje rezultate.

Analizom postignutih rezultata se može zaključiti nekoliko bitnih stavki. Prilikom rešavanja klasifikacionog problema, obučavanje veštačke neuronske mreže vođene prostorom znanja može doprineti poboljšanju preciznosti modela i smanjenju funkcije greške. Čak i nekoliko procenata boljih rezultata može biti od velikog značaja jer se klasifikacioni problem može sresti u raznim sferama života: medicina, procesiranje prirodnog jezika, detekcija prevare, računarska vizija, predviđanje prirodnih nezgoda itd. Drugi zaključak jeste da redosled klasa koje se predstavljaju modelu igra vrlo bitnu ulogu prilikom

obučavanja. Rezultati pokazuju da redosled klasa koji je generisan pomoću tehnika iz Teorije prostora znanja daje značajno bolje rezultate u odnosu na nasumično odabran redosled klasa. Generisanje prostora znanja pomoću testiranja obučanih veštačkih neuronskih mreža predstavlja samo jedan od načina kako bi se prostor znanja mogao kreirati.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je opisan klasifikacioni problem u mašinskom učenju i data je jedna ideja kako bi se optimizacija rešavanja ovog problema mogla unaprediti. Osnovna ideja jeste korišćenje tehnika iz oblasti Teorije prostora znanja i učenja po Kurikulumu (planu i programu) prilikom obučavanja veštačke neuronske mreže. Detaljno su opisane definicije iz Teorije prostora znanja koje nam pomažu pri razvrstavanju klasa podataka u kategorije po težinama za učenje. Opisano je kako izgleda duboko učenje danas, koje tehnike se koriste i dat je jedan od najpopularnijih algoritama za optimizaciju parametara veštačke neuronske mreže. Opisan je jedan od načina za usavršavanje učenika u datoj oblasti pod nazivom Učenje po Kurikulumu. Ideja rada jeste da se iskoristi prostor znanja kao nešto što definiše redosled oblasti po težini i učenje po planu i programu kako bi simulirali način na koji ljudi stvarno uče, a to je usavršavanje oblasti od lakših ka težim.

Prostor znanja u ovom radu je dobijen pomoću odgovora na test od strane simuliranih učenika. Učenici su implementirani pomoću neuronskih mreža koje se obučavaju nad datim generisanim skupom podataka koje u osnovi predstavljaju slike geometrijskih oblika. Nakon generisanog prostora znanja, finalni model se obučava datim prostorom znanja i rezultati su upoređeni sa rezultatima modela iste arhitekture koji se obučavao nad celim skupom podataka odjednom. Na osnovu dobijenih rezultata, možemo zaključiti da prostor znanja i učenje po Kurikulumu mogu doprineti poboljšanju rešavanja klasifikacionih problema. U ovom radu se pokazalo da ova vrsta obučavanja daje za oko 6% bolju tačnost i za oko 0.19 manju grešku. Pored toga, pokazalo se da je dobijeni prostor znanja ispravan jer su obučavanja istog modela ali drugačijim redosledom klasa dali gore rezultate.

Sledeći korak u unapređenju sistema i potencijalno pronalaženje globalnog optimuma optimizacione funkcije jeste korišćenje neuroevolutivnih algoritama. Ovi algoritmi predstavljaju kombinaciju algoritama mašinskog učenja i evolutivnih algoritama s ciljem da se generiše veštačka neuronska mreža sa optimalnom arhitekturom za specifičan problem. Veštačke neuronske mreže se koriste kao model učenja, dok se evolutivni algoritmi koriste kao optimizacione funkcije. Ideja bi bila da se generiše prostor znanja za određeni klasifikacioni problem i nakon toga iskoristi dobijena optimalna arhitektura mreže koja rešava takav problem, obučava po planu i programu generisan pomoću tehnika Teorije prostora znanja. Ovakva arhitektura bi potencijalno mogla da doprinese još boljim rezultatima iz razloga što se ne bi optimizovali samo parametri neuronske mreže, već i sama arhitektura mreže (broj slojeva mreže, broj čvorova u slojevima mreže, konekcije između čvorova).

6. LITERATURA

- [1] Jean-Claude Falmagne, Jean-Paul Doignon: *"Learning Spaces"*, 2011.
- [2] Christina Stahl, Cord Hockemeyer: *"Knowledge Space Theory"*, 2022.
- [3] Yoshua Bengio, Ian Goodfellow, Aaron Courville: *"Deep learning"*, 2015.
- [4] Yoshua Bengio, Jerome Louradour, Ronan Collobert, Jason Weston: *"Curriculum learning"*, 2009.
- [5] Milan Segedinac: <https://github.com/milansegedinac/kst>, 2023.

Kratka biografija:



Andrej Hložan rođen je u Novom Sadu 1998. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektronsko poslovanje odbranio je 2023.god.
kontakt: hlozanandrej@gmail.com

DETEKCIJA I SEGMENTACIJA ZUBA NA PANORAMSKIM RADIOGRAFSKIM SNIMCIMA KORIŠĆENJEM MAŠINSKOG UČENJA**DETECTION AND SEGMENTATION OF TEETH IN PANORAMIC RADIOGRAPHIC IMAGES USING MACHINE LEARNING***Dorina Petrović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Panoramski radiografski snimci koriste se u stomatologiji kao pomoćni alat pri prevenciji i dijagnostici zubnih oboljenja. U radu je predložen jedan postupak za automatizovanu detekciju i segmentaciju pojedinačnih zuba na panoramskim radiografskim snimcima vilice. Metod se zasniva na primeni Mask R-CNN algoritma i metodologiji za anotaciju radiografskih snimaka zuba. Razmatrane su strategije mašinskog učenja i performanse sistema zasnovanih na skupovima za obuku različitih veličina. Poređene su karakteristike dobijenih rešenja i potrebnog vremena obuke nad četiri skupa podataka različitih veličina.

Ključne reči: segmentacija zuba, Mask R-CNN, panoramski radiografski snimci, kompjuterska vizija

Abstract – Panoramic radiographs are used in dentistry as an auxiliary tool in the prevention and diagnosis of dental diseases. The paper proposes a procedure for automated detection and segmentation of individual teeth on panoramic radiographic images of the jaw. The method is based on the application of the Mask R-CNN algorithm and the methodology for annotation of dental radiographs. Machine learning strategies and performance of systems based on training sets of different sizes are discussed. The characteristics of the obtained solutions and the required training time on four datasets of different sizes were compared.

Keywords: tooth segmentation, Mask R-CNN, panoramic radiographic images, computer vision

1. UVOD

Panoramski radiografski snimci koriste se u stomatologiji kao pomoćni alat pri prevenciji i dijagnostici zubnih oboljenja. Rendgen snimci omogućavaju prikaz strukture i anomalija zuba, pregled vilice, ukazuju na prisustvo cisti, tumora itd. Stručnjaci neretko na osnovu kvaliteta snimka, kao i ličnog znanja i tumačenja donose zaključak o daljem toku terapije. Tako, svako lečenje koje je usko povezano sa radiografskim snimcima vilice, zavisi od kvaliteta istih, ali i od stručnog znanja stomatologa. Usled prisustva šuma u rendgenskim snimcima, može se dešavati da dođe do pogrešnog tumačenja, što dovodi do komplikacija daljeg toka lečenja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Branko Brkljač, vanr. prof.

Sve širom upotrebom veštačke inteligencije [1] pojavila se ideja za korišćenjem dubokih neuronskih mreža za potrebe detekcije zuba, karijesa, kao i raznih anomalija na panoramskim radiografskim snimcima vilice. Postojanje sistema za automatsko detektovanje i segmentaciju zuba omogućilo bi smanjenje grešaka koje su uzrokovane umorom, nepažnjom i drugim faktorima. Ovim radom predlaže se rešenje problema segmentacije pojedinačnih zuba na panoramskim radiografskim snimcima vilica, korišćenjem Mask-RCNN algoritma za segmentaciju objekata u slici.

2. PREDLOŽENO REŠENJE

Cilj predložene eksperimentalne postavke bio je pronalaženje načina za efikasno doobučavanje unapred trenirane Mask R-CNN mreže za potrebe formiranja modela koji omogućava segmentaciju pojedinačnih zuba na panoramskim radiografskim snimcima vilice, odnosno automatizovano izdvajanje njihovih kontura. Primer željenog rezultata prikazan je na Slici 1, koja pored kontura pojedinačnih zuba ilustruje i činjenicu da usled usvojene tehnike snimanja postoji i inherentno preklapanje anatomskih struktura na panoramskom snimku zuba, što u značajno meri otežava njihovu segmentaciju (izdvajanje kontura).



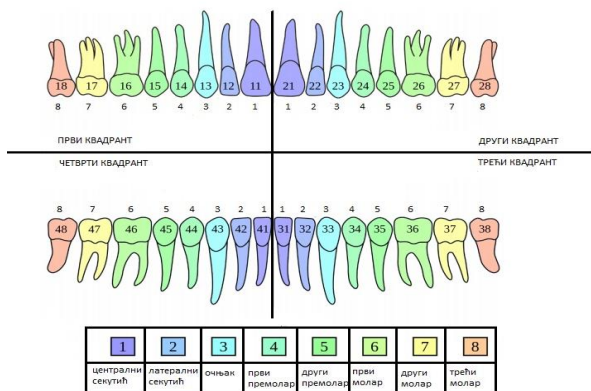
Slika 1. Izgled ručno anotirane slike sa polinomskom reprezentacijom kontura zuba (uočiti preklapanja)

S obzirom da se inicijalni skup podataka kreiran na početku istraživanja sastojao od 20 anotiranih radiografskih snimaka, pokazalo se da pomenuta baza predstavlja relativno mali skup podataka za nezavisno obučavanje mreže koja sadrži veliki broj parametara, kao što je Mask R-CNN. Da bi se nadomestio opisani nedostatak nedovoljne veličine kreirane baze snimaka, pošlo se od ideje da se umesto potpune i nezavisne obuke mreže koja podrazumeva određivanja parametara modela polazeći od slučajnih inicijalnih vrednosti težinskih koeficijenata, kao polazne vrednosti parametara koriste

vrednosti težinskih koeficijenata mreže koja je već ranije obučavana na MSCOCO skupu podataka [2]. Iako je ovakav pristup već praktikovan u literaturi, dodatni izazov predstavljala je činjenica da su slike i kategorije objekata korišćene za obuku originalnog modela potpuno drugačijeg modaliteta od razmatranih radiografskih snimaka i zuba, kao objekta od interesa. Međutim, imajući u vidu da je predložena duboka neuronska mreža obučena na MSCOCO skupu podataka nelinearna struktura za hijerarhijsko izdvajanje vizuelnih obeležja, pretpostavljeno je da se zamenom završnih slojeva mreže sa novim parametrima preostali elementi mreže mogu iskoristiti kao način za efikasno izdvajanje diskriminativnih informacija o objektima od interesa.

2.1. Skup podataka i proces anotiranja

Primarni skup podataka sastojao se od 20 panoramskih radiografskih snimaka, anotiranih pomoću VIA softvera za manuelnu anotaciju slika [3]. Primer anotiranih snimaka na kojima su ucrtane konture pojedinačnih zuba prikazan je na Slici 1. Svaki od korišćenih snimaka u skupu za obuku predstavlja sivu sliku zapisano u .jpeg formatu. Prilikom anotiranja zuba poštovan je standard označavanja prikazan na Slici 2.



za meru važi da je $IoU < 0.5$, detekcija se smatra lažnim pozitivom (engl. *False positive*, FP). Sa druge strane, ako je presek 0, onda se radi o promašaju, odnosno lažnom negativu (engl. *false negative*, FN). Stvarni negativ (engl. *true negative*, TN) se ne evaluiraju, jer se pretpostavlja da svaka slika iz test skupa ima objekat u sebi.

Tako se preciznost detekcije definiše kao odnos stvarnih pozitivna (TP) i ukupnog broja detekcija (TP+FP), a osetljivost ili odziv kao odnos broja stvarnih pozitivna (TP) i ukupnog broja objekata u slici (TP+FN). Pri svakoj vrednosti praga, uprosečavanjem po svim slikama iz test skupa, dobija se par vrednosti koji označava prosečnu preciznosti i odziv sistema, odnosno radnu karakteristiku detektora. Na osnovu dobijene empirijske krive, mAP vrednost se dobija kao interpolirana površina ispod krive. Sa druge strane, pre ocenjivanja uspešnosti generisanih detekcija, za potiskivanje nepouzdanih odluka i višestrukih detekcija uglavnom se koriste vrednosti uslovne verovatnoće prisutnosti objekta u generisanom prozoru i stepen preklapanja okolnih prozora sa prozorom kome lokalno odgovara najpouzdanija odluka, tj. sa prozorom detekcije koja je lokalno najpouzdanija (engl. non-maxima suppression, NMS).

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Za doobučavanje skupa podataka sa inicijalnih 20 slika bilo je potrebno oko 45 minuta. Pri evaluaciji, dobijena mAP vrednost, uprosečena po svim slikama, tj. eksperimentima, bila je 26%. Ovakva vrednost predstavlja lošiji rezultat u odnosu na eksperimente sa preostalim skupovima podataka prikazane u Tabeli 1, što ukazuje da je veličina ovakvog skupa podataka nedovoljna da bi model imao potreban nivo preciznosti.

Tabela 1. Karakteristike detektora dobijenih doobučavanjem usvojenog modela nad odgovarajućim skupovima podataka sa 100, 1000 i 2000 snimaka

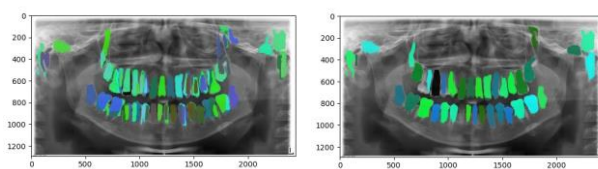
	ПОДСКУП УЗОРАКА ЗА ОБУКУ (enlg. Batch size)	БРИЗНА УЧЕЊА (enlg. Learning rate) завршни слојеви/сви слојеви	мАР (enlg. mean Average Precision)	ПРЕЦИЗНОСТ (enlg. Precision)	ОСЕЋЉИВОСТ (enlg. Recall)	ТРАЈАЊЕ ОБУКЕ (enlg. Training time) при тренирању завршних слојева + свих слојева
Скуп података са 100 узорака (слика)	2	0.05/0.01	75 %	98 %	80 %	~ 60 МИН
Скуп података са 1000 узорака (слика)	2	0.001/0.0001	85%	98.8%	88.5%	~ 280 МИН
Скуп података са 2000 узорака (слика)	4	0.05/0.01	86 %	99 %	90%	~ 600 МИН

Iako skup podataka sa najvećim brojem slika očekivano daje najbolje karakteristike detektora, takav skup za obuku je zahtevan za anotaciju, a ujedno i vremenski najzahtevniji po pitanju trajanja obuke. Tokom eksperimenata korišćene su različite brzine učenja. Primarna brzina učenja izabrana je empirijski, za potrebe treniranja modela sa 100 slika, pri čemu su brzine učenja prilagođavane predloženim fazama obuke modela: optimizaciji završnih slojeva mreže, i u drugoj fazi optimizaciji svih slojeva, Tabela 1. Završni ili izlazni slojevi mreže, tj. modela, obučavani su polazeći od slučajnih vrednosti težinskih koeficijenata kako bi se postiglo optimalno odlučivanje (detekcija i segmentacija) na osnovu obeležja izdvojenih korišćenjem ranije naučenih deskriptora slike. Nakon toga, kako bi se

dobitno poboljšale performanse, čitava mreža je obučavana kroz još jedan ciklus od 15 epoha, kako bi se postiglo fino podešavanje i ujednačavanje preuzetih vrednosti parametara sa parametrima završnih slojeva mreže. Praćenjem promena vrednosti ciljne funkcije, tj. greške obuke, utvrđeno je da je najbolja brzina učenja nad skupom podataka sa 100 snimaka 0.01.

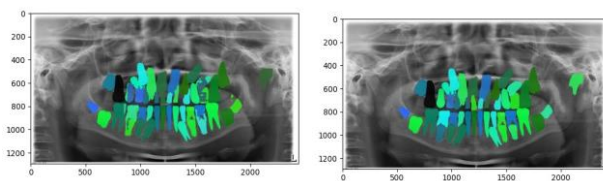
Za dobijanje opadajuće krive pri treniranju skupova sa većim brojem snimaka bilo je neophodno smanjiti brzinu učenja. Zbog ograničenih resursa nad skupom od 2000 slika nije testirano ponašanje za slučaj treniranja sa manjom brzinom učenja, što bi bilo zanimljivo posmatrati. Izbor veličine podskupa uzoraka za obuku (enlg. batch size) tokom jedne iteracije opadanja gradijenta biran je po ugledu na originalni rad [5]. Povećanjem veličine podskupa uzoraka za obuku, nisu dobijene bolje vrednosti, a ni bolja brzina.

Na slikama 3, 4, 6 i 8 prikazani su vizuelni rezultati detekcije i segmentacije zuba, dok su na slikama 5, 7, i 9 prikazane procenjene vrednosti prosečne preciznosti, odziva i usrednjene prosečne preciznosti detektora. Snimci korišćeni za vizuelnu interpretaciju kvaliteta segmentacije nisu bili deo skupova za obuku, niti validaciju modela.

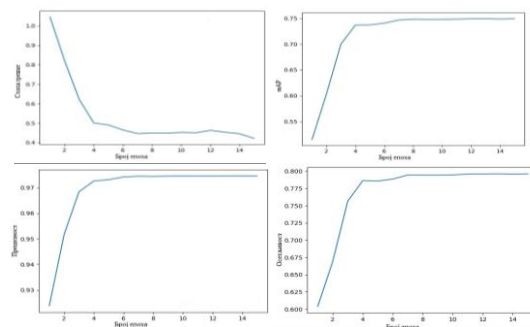


Slika 3. Segmentacija nakon doobučavanja nad skupom od 20 snimaka (desno, nakon NMS)

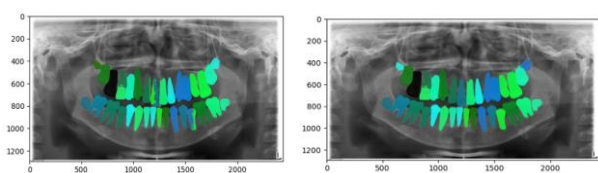
Nad svakim prikazanim snimkom primenjen je algoritam supresije detekcija koje ne odgovaraju maksimumu (NMS), odnosno maske čije su pouzdanosti ispod praga pouzdanosti od 0.3 su odbačene. Takođe, za NMS kao i prikazane dijagrame preciznosti i odziva korišćena je vrednost IoU od 0.5.



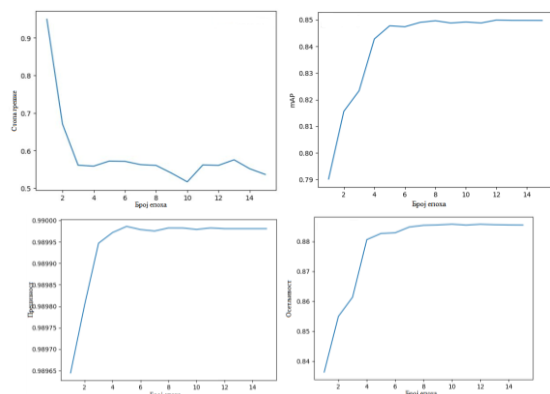
Slika 4. Segmentacija nakon doobučavanja nad skupom od 100 snimaka (desno, nakon NMS)



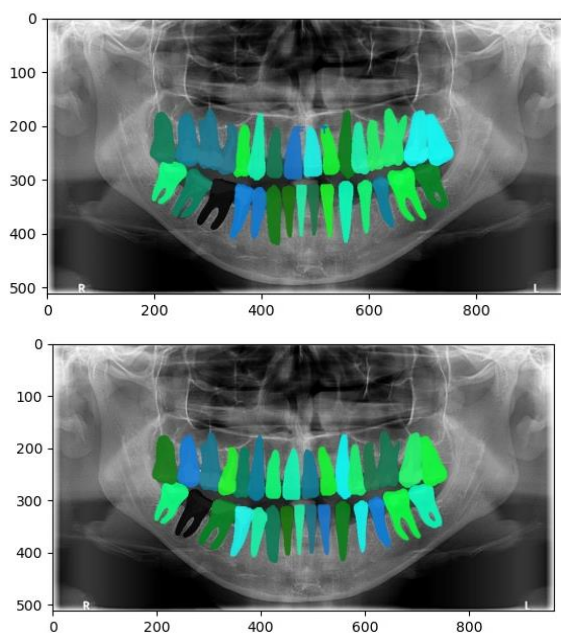
Slika 5. Karakteristike detektora nakon doobučavanja nad skupom od 100 snimaka



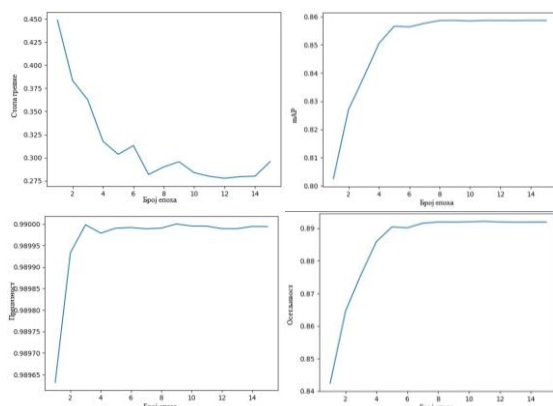
Slika 6. Segmentacija nakon doobučavanja nad skupom od 1000 snimaka (desno, nakon NMS)



Slika 7. Karakteristike detektora nakon doobučavanja nad skupom od 1000 snimaka



Slika 8. Segmentacija nakon doobučavanja nad skupom od 2000 snimaka (dole, nakon NMS)



Slika 9. Karakteristike detektora nakon doobučavanja nad skupom od 2000 snimaka

4. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je razvoj metode za pouzdanu detekciju i segmentaciju zuba u panoramskim radiografskim snimcima vilice [6], uz što manje uloženo vreme i resurse za obuku modela. Pokazano je da se u slučaju ograničenih resursa model može uspešno konstruisati i korišćenjem manjeg skupa podataka, uz relativno zadovoljavajuće rezultate. Polazna pretpostavka da je u svrhu rešavanja navedenog zadatka moguće koristiti predloženi pristup zasnovan na doobučavanju postojećeg modela, prethodno obučavanog na slikama i objektima drugačijeg modaliteta, uspešno je testirana i potvrdila je da su diskriminativna obeležja na kojima se zasniva prepoznavanje opšteg karaktera.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se doktoru Bojanu Petroviću, redovnom profesoru Medicinskog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu, i Klinici za stomatologiju Vojvodine, koji su kroz konsultacije i pripremu panoramskih radiografskih snimaka podržali istraživanje opisano u radu. Takođe se zahvaljujemo i kolegama sa Federalnog univerziteta u Bahiji, u Brazilu, koji su ljubazno ustupili bazu slika [4] za potrebe ovog istraživanja.

5. LITERATURA

- [1] Y. LeCun, Y. Bengio, G. Hinton (2015). Deep learning. Nature, 28;521(7553):436-44. doi: 10.1038/nature14539. PMID: 26017442.
- [2] Lin, T. et al. (2014). Microsoft COCO: Common Objects in Context. ECCV 2014. Lecture Notes in Computer Science, vol 8693. Springer
- [3] A. Dutta and A. Zisserman. (2019). The VIA Annotation Software for Images, Audio and Video. In Proceedings of the 27th ACM International Conference on Multimedia (MM '19), October 21–25, Nice, France. ACM, New York, NY, USA, <https://doi.org/10.1145/3343031.3350535>.
- [4] B. Silva, L. Pinheiro, B. Sobrinho, F. Lima, B. Sobrinho, K. Abdalla, M. Pithon, P. Cury, L. Oliveira, "OdontoAI: A human-in-the-loop labeled data set and an online platform to boost research on dental panoramic radiographs", arXiv.org, 2022.[Online]. <https://arxiv.org/abs/2203.15856>
- [5] K. He, G. Gkioxari, P. Dollár and R. Girshick, (2017). "Mask R-CNN," IEEE International Conference on Computer Vision, Venice, Italy, pp. 2980-2988, doi: 10.1109/ICCV.2017.322.
- [6] G. Jader, J. Fontineli, M. Ruiz, K. Abdalla, M. Pithon and L. Oliveira, (2018). "Deep Instance Segmentation of Teeth in Panoramic X-Ray Images," 31st SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images (SIBGRAPI), Parana, Brazil, 2018, pp. 400-407, doi: 10.1109/SIBGRAPI.2018.00058.

Kratka biografija:



Dorina Petrović rođena je u Zrenjaninu 1994. god. Osnovne studije Energetike, elektronike i telekomunikacija na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu završila je 2017. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Obrada signala, uspešno je odbranila 2023.

email adresa : dorina.petrovic@me.com

RAZLIKA STRUJE KRATKOG SPOJA U ZAVISNOSTI OD REŽIMA RADA MIKROMREŽE**DIFFERENCE IN THE SHORT-CIRCUIT CURRENT DEPENDING ON THE OPERATING MODE OF MICROGRID**Darko Lazarević, Luka Strezoski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu su opisane teorijske osnove obnovljivih izvora električne energije, njihovi matematički modeli, kao i teorijske osnove proračuna tokova snaga i kratkih spojeva unutar mikromreže. U radu je izvršena analiza režima jedne realne mikromreže u stanju normalnog pogona kao i u stanju sa kratkim spojem. Proračuni mikromreže vršeni su pomoću softvera koji je razvijen u programskom jeziku Fortran za potrebe ovog rada. Svi rezultati su verifikovani kroz hardware in the loop postavku (Typhoon Hil). Data je detaljna analiza kompletnog režima mikromreže u povezanom i ostrvskom režimu rada sa posebnim osvrtom na razlike struja kvara.

Ključne reči: Obnovljivi izvori energije, Mikromreže, Distributivni generatori, Tokovi snaga, Kratki spojevi

Abstract – In this paper, the theoretical foundations of renewable energy sources, their mathematical models, as well as the theoretical foundations of power flow and short circuits calculations within the microgrid, are presented. In the paper, the analysis of the regime of a real microgrid in normal operation as well as in the state with a short circuit was performed. All calculations are performed using a software developed in the Fortran programming language for the purposes of this paper. All results are verified through a hardware in the loop setup (Typhoon Hill). A detailed analysis of the complete microgrid state in grid-connected and islanded mode of operation is given, with special reference to the differences in fault currents.

Keywords: Renewable Energy sources, Microgrid, Distributed generators, Load-Flow, Short-Circuit

1. UVOD

Potreba čovečanstva za električnom energijom konstantno raste, kako zbog poboljšanog kvaliteta života, tako i zbog samog uvećanja populacije, pa se samim tim pojavljuje problem bilansa električne energije proizvedene u tradicionalnim elektranama velikih snaga.

Priključenjem obnovljivih izvora električne energije, odnosno distribuiranih energetske resursa (DER-ova) tradicionalne (pasivne) distributivne mreže postaju aktivne, tačnije postaju aktivni distributivni sistemi. Osnovni zadatak aktivne distributivne mreže jeste da održi stabilnost i pouzdanost, te da omogućiti sigurnu integraciju distribuiranih izvora energije u sistem.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Luka Strezoski.

Do sada najzastupljeniji obnovljivi izvor električne energije bile su upravo hidroelektrane, međutim, kako trenutno ne postoji značajan neiskorišteni potencijal, primena sistema za konverziju energije vetra i fotonaponskih sistema je sve više zastupljenija, može se zaključiti da primena ovakvih sistema polako sustiže do sada dominantnu tehnologiju [3].

Proračuni tokova snaga i režima sa kratkim spojem su osnovni proračuni elektroenergetskog sistema na kojima se zasnivaju svi dalji proračuni koji se koriste kako bi se adekvatno i efikasno upravljalo mrežom, kako u normalnom pogonskom stanju tako i u uslovima sa kvarom, a neki od njih su: estaminacija stanja, optimizacija napona i toka reaktivnih snaga, postizanje optimalne konfiguracije, određivanje optimalne koordinacije i podešenja relejne zaštite, itd.

U ovom radu izvršena je analiza rezultata tokova snaga i kratkih spojeva unutar mikromreže sa visokim prisustvom DER-ova, rezultati su dobijeni pomoću softverskog alata koji je razvijen za potrebe master rada. U softverskom alatu implementirane su metode koje su detaljno predstavljene u glavi 3. ovog rada.

Rezultati su prevashodno analizirani, a potom upoređeni sa rezultatima dobijenim korišćenjem hardware in the loop postavke koja detaljno u vremenskom domenu oslikava ponašanje DER-ova kako tokom normalnih radnih režima tako i tokom režima sa kvarom. Poređenjem je pokazano zadovoljavajuće slaganje rezultata za kvazistacionarne režime, dakle, moduli i uglovi napona i struja dobijeni pomoću razvijenog softvera se u granicama tolerancije slažu sa rezultatima dobijenim kroz hardware in the loop postavku.

2. MODELI DER-ova ZA PRORAČUNE

Kao što je već napomenuto, savremeni DER, za razliku od klasične naizmjenične mašine, može da ima u sebi implementirane različite upravljačke strategije, kako za normalne radne režime tako i za režime sa kratkim spojem. Neke od karakterističnih upravljačkih strategija su: kontrola/blokada inverzne i nulte komponente struje; kontrola/blokada inverznih i nultih komponenti napona; u slučaju nesimetričnog režima mogu da održavaju simetrične napone u tačkama priključenja na mrežu, odnosno kao što je već napomenuto, u uslovima sa kratkim spojem, mogu da vrše kontrolu struje kvara koju injektuju u mrežu i da je pri tome ograniče na predefinisano vrednost prema nekom od usvojenih FRT standarda. Time se postiže da doprinos DER-a struji kvara bude manji od doprinosa tradicionalnih naizmjeničnih mašina [3].

Uređaji energetske elektronike jesu posrednici koji omogućavaju integraciju obnovljivih izvora (sunce, vetar) u mrežu, odnosno priključenje skladišta električne energije, kao što su stacionarne baterije ili baterije električnih automobila, takođe, ovi uređaji omogućavaju realizaciju prethodno pomenutih upravljačkih strategija. Priključenje DER-ova na mrežu preko uređaja energetske elektronike, se može izvesti na dva načina:

- Delimično preko uređaja energetske elektronike (DFIM - Doubly fed induction machine).
- Potpuno preko uređaja energetske elektronike (IBDER - Inverter based distributed energy resource).

Ponašanje DER-a u mreži kako u normalnom radnom režimu tako i u režimu sa kvarom direktno zavisi od načina na koji je DER povezan sa mrežom. Prema generalnom načinu povezanosti sa mrežom, DER-ovi se mogu podeliti u nekoliko sledećih kategorija [3]:

- DER tipa 1: Sinhroni generator direktno povezan na mrežu;
- DER tipa 2: Asinhroni generator direktno povezan na mrežu;
- DER tipa 3: Doubly fed induction machine - DFIM;
- DER tipa 4: Inverter based distributed energy resource - IBDER.

Prilikom analize režima mikromreže sa kvarom u nekim od svojih čvorova, doprinos priključenih DER-ova u proračunu se uvažava preko idealnih strujnih generatora, čije se struje proračunavaju u zavisnosti od vremenske sekvence koja je od interesa (suptranzitna, tranzitna, ustaljena). Od DER-a se očekuje da u uslovima kvara injektuje reaktivnu komponentu struje u cilju pomaganja napona na mestu kvara, kako bi se u što kraćem vremenskom intervalu napon vratio na nominalnu vrednost.

Tokom kvara DER injektira struju čiji je modul jednak strujnom ograničenju invertora ($I_{DER3-4i}^{max}$), sa uglom ($\delta_{Ireakti}^{pk}$) koji prednjači uglu napona čvora pre kvara u kom je priključen DER za ugao od $\frac{\pi}{2}$.

U ovom slučaju relacija za proračun struje DER-a u suptrazitnoj sekvenci ima sledeću formu:

$$\hat{I}_{DER3-4i}^{k''} = I_{DER3-4i}^{max} e^{j\delta_{Ireakti}^{pk}}. \quad (2.1)$$

Uglovi direktnih komponenti reaktivne struje svih DER-ova ($i = 1, \dots, N_{DER3-4}$) priključenih u mreži se računaju prema sledećoj relaciji:

$$\delta_{Ireakti} = \delta_{vi} + \frac{\pi}{2}, \quad (2.2)$$

gde je:

$\delta_{Ireakti}$ - ugao reaktivne struje i -tog DER-a,

δ_{vi} - ugao direktne komponente napona čvora priključenja i -tog DER-a.

Potrebno je uporediti moduo reaktivne struje DER-a sa strujnim ograničenjima invertora, na osnovu čega je potrebno odrediti celokupnu struju kratkog spoja i -tog DER-a u tranzitnoj sekvenci.

$$I_{DER3-4i}^{reakt} \begin{cases} > I_{DER3-4i}^{max} \rightarrow \hat{I}_{DER3-4i}^{k'} = I_{DER3-4i}^{max} e^{j\delta_{Ireakti}} \\ \leq I_{DER3-4i}^{max} \rightarrow \hat{I}_{DER3-4i}^{k'} = I_{DER3-4i}^{akt} e^{j\delta_{vi}} + I_{DER3-4i}^{reakt} e^{j\delta_{Ireakti}} \end{cases} \quad (2.3)$$

gde je:

$$I_{DER3-4i}^{akt} = \sqrt{(I_{DER3-4i}^{max})^2 - (I_{DER3-4i}^{reakt})^2}. \quad (2.4)$$

3. PRORAČUN TOKOVA SNAGA I KRATKIH SPOJEVA U MIKROMREŽI

Najvažniji proračuni u okviru elektroenergetskog sistema jesu proračuni tokova snaga i kratkih spojeva. Na osnovu ovih proračuna dobija se uvid u celokupno stanje sistema kako u normalni radnim uslovima tako i u uslovima sa kvarom.

3.1. PRORAČUN TOKOVA SNAGA

Proračun tokova snage, odnosno određivanje režima mreže pre kvara, izvršen je uz pomoć algoritma koji je zasnovan na iterativnom postupku, prilagođenom za proračune tokova snaga u okviru distributivnih mreža, pod nazivom „Metod sumiranja struja“. Proračun se vrši na osnovu poznatog napona korena mreže (izvora) i poznate potrošnje u svim čvorovima mreže. Uticaj DER-ova u proračun je uvažen preko strujnog injektiranja u čvoru priključenja sa negativnim predznakom. Strujno injektiranje DER-a se u svakoj iteraciji proračunava na osnovu njegove deklarirane snage i napona u tački priključenja, napon u prvoj iteraciji proračuna je jednak nominalnoj vrednosti.

Algoritam počinje inicijalizacijom postupka, odnosno učitavanjem podataka o mreži, numeracijom grana i čvorova po lejerima, setovanjem indeksa iteracija (h) na početnu vrednost. Nakon inicijalizacije započinje sam iterativni postupak proračuna radnog režima mreže [2].

Sam proračun se sprovodi u tri koraka, koji se ponavljaju iz iteracije u iteraciju, pri čemu se na kraju svake od iteracija vrši provera zadovoljenosti kriterijuma konvergencije, ako prethodno deklarirani kriterijum nije zadovoljen, ulazi se u narednu iteraciju proračuna, odnosno ako je kriterijum zadovoljen, izlazi se iz proračuna.

1. Korak: Proračun injektiranih struja
2. Korak: Proračun struja po granama
3. Korak: Proračun napona u čvorovima

Konkretno, u kreiranom programskom proračunu zadati kriterijum konvergencije postavljen je na vrednost $\varepsilon = 0.000001$, a sam broj iteracija ograničen je na 50, u suprotnom, smatra se da proračun divergira.

3.2. Proračun kratkih spojeva

U osnovi svakog proračuna režima sa kvarom, nezavisno od algoritma koji se primenjuje za proračun, vrše se četiri dekompozicije, ključna dekompozicija je svakako dekompozicija na režim mreže pre kvara i režim delta (Δ) kola. Kako je sam režim mikromreže poznat iz prethodno sprovedenog proračuna tokova snaga, proračun režima sa kvarom se svodi na proračun režima delta kola

U delta kolu se ogleda jednostavnost proračuna režima mreže sa kratkim spojem, odnosno, ono je ključno za određivanje režima mreže sa kvarom. Superponiranjem režima pre kvara poznatog iz tokova snaga sa proračunatim režimom delta kola, dobija se režim mikromreže sa kratkim spojem [1].

Kada se razmatraju tradicionalne distributivne mreže, njihovo delta kolo je pasivno svuda osim na mestu kvara, međutim, sa implementacijom obnovljivih izvora u distributivne mreže i sa njihovim upravljačkim strategijama, menja se i sama topologija delta kola, što važi i za mikro-

mreže koje se razmatraju u okviru ovog štiva. Naime, delta kolo više nije aktivno samo na mestu kvara (tradicionalno), već ono postaje aktivno i na mestima gde je DER priključen u sistem.

Kako bi se uvažile prethodne činjenice, razvijen je novi koncept delta kola pod nazivom generalizovano delta kolo, koje nam omogućava integraciju savremenih DER-ova u proračune režima mreže sa kvarom, na ovaj način i jeste vršen proračun u okviru ovog rada. Deo struje DER-a koji prilikom kvara premašuje vrednost struje pre kratkog spoja naziva se ekcesna struja i ona mora biti uvažena u proračunima režima delta kola, odnosno, potrebno je tu struju injektirati u delta kolo.

Prema tome, DER se u delta kolu modeluje idealnim strujnim generatorima sa strujama koje su jednake ekcesnim strujama. Logika rada invertora DER-a omogućava injektiranje samo simetričnih struja direktnog redosleda, prema tome, može se zaključiti da se generalizovano delta kolo razlikuje od tradicionalnog samo u direktnom redosledu, dok su inverzni i nulti identični, odnosno pogonska kola inverznog i nultog redosleda su pasivna svuda osim na mestu kratkog spoja.

Generalizovano delta kolo se izvodi na sledeći način [3]:

1. Anulirati sve idealne generatore u faznom domenu.
2. Insertovati topologiju kratkog spoja u čvor sa kvarom.
3. Dodati trofazne idealne strujne generatore simetričnih struja direktnog redosleda u svim trofaznim čvorovima u kojima su DER-ovi priključeni na mrežu.
4. Transformisati generalizovano delta kolo iz faznog domena u domen simetričnih komponenti.

U osnovi algoritma koji je korišćen za proračun jeste Kanonički model za proračun režima mreže sa kvarom, koji je dodatno prilagođen postojanju DER-ova u mreži, odnosno prilagođen je generalizovanom delta kolu. Celokupna analiza i primena algoritma za proračun režima generalizovanog delta kola detaljno je opisana u okviru knjige iz literature ovog projektnog zadatka „Modelovanje i fundamentalni proračuni aktivnih distributivnih mreža“ [3, 4].

4. NUMERIČKA ANALIZA REZULTATA

Za potrebe istraživanja u okviru master rada razvijen je softverski alat uz pomoć programskog jezika Fortran 95, u Visual Studio 2010 programskom okruženju, u kom su implementirane sve prethodno opisane metode. Verifikacija dobijenih rezultata kroz razvijeni programa izvršena je uz pomoć hardware in the loop sistema, odnos Typhoon Hil softvera i hardvera.

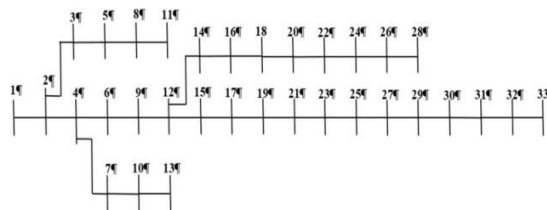
Mikromreža koja je razmatrana (slika 4.1.) zasnovana je na standardizovanoj IEEE 33 mreži sa solarnim elektranama priključenim u čvorovima 11, 13, 28, 33, respektivno, dodatno, u okviru mikromreže u čvoru 1 instaliran je i dizel agregat u cilju zadovoljavanja potrošnje i održavanja frekvencije u ostrvskom režimu rada. Priključene solarne elektrane su međusobno istih karakterističnih podataka, njihovi sistemski podaci kao i sistemski podaci dizel generatora prikazani su u okviru tabele 4.1. U zavisnosti od potrebe analize, kroz konzolu razvijenog programa, korisnik može menjati broj i mesto priključenja DER-ova.

Dizel agregat je na mrežu priključen preko dvonamotajnog transformatora prenosnog odnosa 20/0.48 kV/kV, impedansa transformatora iznosi 0.1 r.j., dok relativna impedansa dizel generatora iznosi 25%.

Distributivna mreža 20 kV na koju je priključena razmatrana mikromreža u proračunima je modelovana odgovarajućim ekvivalentom ($X/R = 0.136275$).

Za potrebe analize, simuliran je trolni kratki spoj u čvoru 9, za dva različita radna režima mreže:

- mikromreža povezana na distributivnu mrežu („Grid Connected“),
- mikromreža u ostrvskom režimu rada („Island Mode“).



Slika 4.1. IEEE 33 mreža [5]

Tabela 4.1. Sistemski podaci solarne elektrane i dizel generatora

	PV Elektrana	Dizel Generator
P [kW]	200	4000
Q [kVAr]	65	3000
V_{nom} [kV]	20	0.48

4.1 Radni režim: mikromreža priključena na distributivni sistem

Kao prvi radni režim analizira se slučaj kada je mikromreža povezana na distributivni sistem, vrednosti struje kvara u faznom domenu pri trolnom kratkom spoju u čvoru 9 mikromreže prikazane su u tabeli 4.1.1. Dok u tabeli 4.1.2. prikazane su u faznom domenu struje pre ($\hat{I}_{pk}$) i za vreme kvara ($\hat{I}_k$) priključenih solarnih elektrana pri „Grid-Connected“ radnom režimu. Sve vrednosti u okviru tabele glave 4.1. su zadate u Amperima ([A]).

Tabela 4.1.1. Vrednosti struje kvara po fazama na mestu kvara (čvor 9)

$\hat{I}_{3pks,A}$	$4226.04e^{-j48.56^\circ}$
$\hat{I}_{3pks,B}$	$4225.94e^{-j168.56^\circ}$
$\hat{I}_{3pks,C}$	$4225.95e^{j71.44^\circ}$

Tabela 4.1.2. Vrednosti struje po fazama priključenih solarnih elektrana

	Solarna elektrana čvor 11	Solarna elektrana čvor 13	Solarna elektrana čvor 28	Solarna elektrana čvor 33
$\hat{I}_{pk,A}$	$6.068e^{j18.02^\circ}$	$6.081e^{j18.28^\circ}$	$6.091e^{j19.33^\circ}$	$6.105e^{j19.10^\circ}$
$\hat{I}_{pk,B}$	$6.068e^{-j101.98^\circ}$	$6.081e^{-j101.72^\circ}$	$6.091e^{-j100.68^\circ}$	$6.105e^{-j100.90^\circ}$
$\hat{I}_{pk,C}$	$6.068e^{j138.02^\circ}$	$6.081e^{j138.28^\circ}$	$6.091e^{j139.33^\circ}$	$6.105e^{j139.10^\circ}$
$\hat{I}_{k,A}$	$9.107e^{j40.89^\circ}$	$9.121e^{j67.24^\circ}$	$9.104e^{j88.63^\circ}$	$9.104e^{j88.86^\circ}$
$\hat{I}_{k,B}$	$9.107e^{-j79.11^\circ}$	$9.120e^{-j52.76^\circ}$	$9.104e^{-j31.37^\circ}$	$9.104e^{-j31.14^\circ}$
$\hat{I}_{k,C}$	$9.107e^{j160.89^\circ}$	$9.120e^{-j172.76^\circ}$	$9.104e^{-j151.37^\circ}$	$9.104e^{-j151.14^\circ}$

4.2. Radni režim: mikromreža u ostrvskom režimu

Vrednosti struje kvara za ostrvski radni režim mreže u faznom domenu pri trolpolnom kratkom spoju u čvoru 9 prikazane su u tabeli 4.2.1. Dok u tabeli 4.2.2. prikazane su struje priključenih solarnih elektrana u faznom domenu pre ($\hat{I}_{pk}$) i za vreme kvara ($\hat{I}_k$) pri ostrvskom radnom režimu. Sve vrednosti u okviru tabela glave 4.2. su zadate u Amperima ([A]).

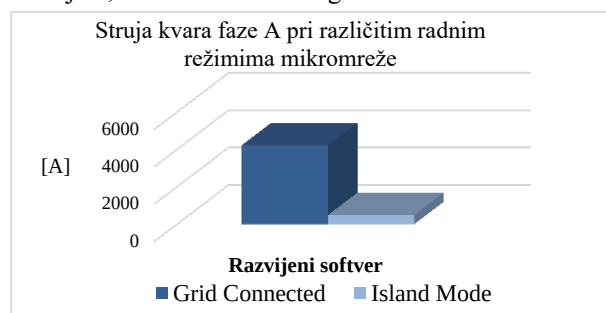
Tabela 4.2.1. Vrednost struje kvara po fazama na mestu kvara (čvor 9)

$\hat{I}_{3pks,A}$	$488.81e^{j49.30^\circ}$
$\hat{I}_{3pks,B}$	$488.80e^{-j70.70^\circ}$
$\hat{I}_{3pks,C}$	$488.80e^{j169.30^\circ}$

Tabela 4.2.2. Vrednosti struje po fazama priključenih solarnih elektrana

	Solarna elektrana čvor 11	Solarna elektrana čvor 13	Solarna elektrana čvor 28	Solarna elektrana čvor 33
$\hat{I}_{pk,A}$	$6.068e^{j18.02^\circ}$	$6.081e^{j18.28^\circ}$	$6.091e^{j19.33^\circ}$	$6.105e^{j19.10^\circ}$
$\hat{I}_{pk,B}$	$6.068e^{-j101.98^\circ}$	$6.081e^{-j101.72^\circ}$	$6.091e^{-j100.68^\circ}$	$6.105e^{-j100.90^\circ}$
$\hat{I}_{pk,C}$	$6.068e^{-j138.02^\circ}$	$6.081e^{-j138.28^\circ}$	$6.091e^{-j139.33^\circ}$	$6.105e^{-j139.10^\circ}$
$\hat{I}_{k,A}$	$9.104e^{j89.94^\circ}$	$9.104e^{j89.68^\circ}$	$9.104e^{j88.63^\circ}$	$9.104e^{j88.86^\circ}$
$\hat{I}_{k,B}$	$9.104e^{-j30.07^\circ}$	$9.104e^{-j30.32^\circ}$	$9.104e^{-j31.37^\circ}$	$9.104e^{-j31.14^\circ}$
$\hat{I}_{k,C}$	$9.104e^{-j150.06^\circ}$	$9.104e^{-j150.32^\circ}$	$9.104e^{-j151.37^\circ}$	$9.104e^{-j151.14^\circ}$

Poređenjem dobijenih rezultata kroz razvijeni softver za različite radne režime mikromreže, zapaža se značajna razlika u vrednostima struje kvara, na dijagramu 4.2.1. prikazano je poređenje rezultata. Vrednost struje kvara koja se ostvaruje pri režimu kada je mikromreža priključena na distributivni sistem je približno devet puta veća nego struja kvara u ostrvskom radnom režimu. Sa aspekta relejne zaštite kao krucijalnog elementa elektroenergetskog sistema, razlika struje kvara koja je prisutna u mikromreži kao posledica različitih radnih režimima je veoma bitna, kako bi se izvršilo adekvatno podešavanje zaštite tako da svi eventualni kvarovi koji nastanu unutar mreže budu pravovremeno detektovani i otklonjeni, nezavisno od radnog režima.



Dijagram 4.2.1. Poređenje struja kvara za različite radne režime mikromreže

5. POREĐENJE DOBIJENIH REZULTATA SA REZULTATIMA IZ HARDWARE IN THE LOOP POSTAVKE

Verifikacija rezultata sakupljenih kroz razvijeni softver je sprovedena uz pomoć Typhoon Hil postavke. Verifikacijom je pokazano da rezultati sakupljeni kroz

razvijeni softver za „Grid Connected“ radni režim odstupaju do 2.3% u odnosu na rezultate iz hardware in the loop postavke, dok su odstupanja u ostrvskom radnom režimu, nešto veća i iznose 8.7%. Kako generator u ostrvskom režimu ima veliki uticaj na struju kvara, različiti pristup njegovom modelovanju kroz Typhoon Hil i razvijeni softver vidljivo se odrazio na rezultate struje kvara u ostrvskom režimu rada. U tabeli 5.1. su u Amperima ([A]) prikazane RMS vrednosti struje kvara, sakupljene kroz razvijeni softver i Typhoon Hil postavku za različite radne režime mikromreže.

Tabela 5.1. Verifikacija rezultata

Radni režim	Softver	Typhon Hil
Grid Connected	4226.04	4127.07
Island Mode	488.81	447.66

6. ZAKLJUČAK

Dobit od implementacije obnovljivih izvora je prisutna u celokupnom sistemu. Krajnji korisnici najveću dobit ostvaruju kroz očuvavanje životne sredine, dok dobit distributivne kompanije se ogleda u smanjenju gubitaka u prenosnom delu sistema, smanjenju vršnih opterećenja, itd.

Poređenjem rezultata za dva radna režima, zapaža se značajna razlika u vrednostima struje kvara za isto mesto i vrstu kvara, kako kroz razvijeni softver tako i kroz Typhoon Hil postavku. Upravo ta razlika zahteva da implementirana relejna zaštita unutar mikromreže bude adaptivna, odnosno da se u zavisnosti od radnog režima mikromreže i broja priključenih DER-ova vrši njeno prepodešavanje, kako bi se svi kvarovi u okviru mreže pravovremeno otkrili i otklonili.

7. LITERATURA

- [1] V.Strezoski: *Osnovni proračuni elektroenergetskih sistema, Tom 2, Tokovi snaga i kratki spojevi*; Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2017.
- [2] D.Popović, D.Bekut, V.Treskanica: *Specijalizovani DMS Algoritmi*; DMS Group, Novi Sad, 2004.
- [3] L.Strezoski: *Modelovanje i fundamentalni proračuni aktivnih distributivnih mreža*; Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2021.
- [4] V.Strezoski, D. Bekut: A Canonical Model For The Study Of Faults In Power Systems; *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 6, no. 4, pp. 1493-1499,1991; DOI:[10.1109/59.116995](https://doi.org/10.1109/59.116995).
- [5] System data of IEEE 33-Bus Distribution Network - https://www.researchgate.net/figure/Line-data-and-Load-of-System-IEEE-33-bus_tbl1_328771243

Kratka biografija:



Darko Lazarević rođen je u Šapcu 1997. god. Osnovne studije na Fakultetu tehničkih nauka na odelu elektroenergetski sistemi završio je 2020. godine. kontakt: darkolazarevic1997@gmail.com



dr Luka Strezoski rođen je u Novom Sadu 1990. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2017. god., a od 2020 je izabran za šefa katedre. Oblast interesovanja su elektroenergetski sistemi.

JEZIK ZA SPECIFIKACIJU KVIZOVA I UPITNIKA**A SPECIFICATION LANGUAGE FOR QUIZZES AND SURVEYS**Nevena Alavanja, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Uz oslonac na meta-jezik *textX*, dizajniran je i implementiran jezik specifičan za domen specifikacije kvizova i upitnika. Implementirane su i frontend i backend aplikacije za učitavanje i ispunjavanje kvizova i upitnika opisanih ovim jezikom. Rad pruža pregled teorijskih osnova i tekućeg stanja u oblasti, kao i detaljan opis rešenja i studije slučaja.

Ključne reči: jezici specifični za domen, *textX*, parser, kviz, upitnik

Abstract – Relying on the meta-language *textX*, a domain-specific language for specifying quizzes and surveys has been designed and implemented. Both frontend and backend applications have been implemented for loading and completing quizzes and surveys described in this language. This paper provides an overview of the theoretical foundations and current state in this field, as well as a detailed description of implemented solution and case studies.

Keywords: domain-specific languages, *textX*, parser, quiz, survey

1. UVOD

Svakodnevno, kvizovi, testovi, ankete, upitnici i slične forme procena su u upotrebi u najrazličitijim domenima i u razne svrhe. Oni su alat za prikupljanje vrednih informacija, procenjivanje znanja, mišljenja, stavova, donošenje informisanih odluka, utvrđivanje potreba, prilagođavanje proizvoda i usluga potrebama ciljane grupe ili prosto, ponekad, i vid zabave. Kvizovi i testovi imaju najznačajniju ulogu u domenu obrazovanja, dok su upitnici/ankete neizostavan deo svake oblasti koja u nekom trenutku razvije potrebu za prikupljanjem podataka i povratnih informacija od strane korisnika, zaposlenih, stanovnika, ili bilo koje druge ciljane grupe. Kako su njihovi domeni upotrebe najraznovrsniji (edukacija, politika, sociologija, marketing itd.), tako su i načini na koji se ove procene sprovode različiti od slučaja do slučaja i zavise kako od mogućnosti i preferencije, tako i od same ciljane grupe. Uzimajući u obzir razvoj tehnologije i sve veću primenu interneta u razne svrhe, može se pretpostaviti da se i sa sprovođenja kvizova i upitnika na papiru, uživo – „na terenu”, preko telefona i sličnih načina, prešlo na sprovođenje u najvećoj meri putem raznih internet platformi.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Igor Dejanović, red. prof.

Shodno tome, ovaj rad ima za cilj istraživanje postojećih softverskih rešenja za što lakše kreiranje ovakvih procena, kao i implementaciju jednog takvog.

Kao deo rada, razvijen je **JSD** (jezik specifičan za domen) čija je osnovna karakteristika to što se prilagođava domenskim stručnjacima, i što njegova sintaksa teži ka tome da bude razumljiva i osobama koje nisu iz sveta programiranja. Osim jezika specifičnog za domen (opisanog pomoću meta-jezika **textX**), rešenje čine i parser jezika (takođe dobijen pomoću *textX*), server koji transformiše i dostavlja generisan model opisan ovim jezikom, i *frontend* aplikacija koja služi kao korisnički interfejs za učitavanje i učestvovanje u kvizu ili anketi.

2. KLASIFIKACIJA PROCENA

Kako će u nastavku biti pomenute razne vrste procena (engl. *assessment*), bitno je na samom početku razumeti njihovu svrhu, formu, osnovne karakteristike i razlike i relacije između njih.

• **Kviz** – najkraća, najčešće korišćena i najmanje formalna forma evaluacije od moguće tri - kviz, test i ispit. Ovaj termin je najčešće korišćen za neformalne i kraće testove, ili npr. nenajavljene testove znanja (engl. *pop quiz*). Ponekad, on može da se koristi za procene zabavnog tipa, bez ozbiljnih posledica (pab kviz, onlajn kviz, TV kviz). Pojedini kvizovi nemaju bodovanje, već mogu služiti samo kao procena znanja i materijala kako bi se identifikovale oblasti koje je potrebno doučiti. Pitanja u kvizu mogu biti raznovrsna kad je reč o njihovom tipu: popunjavanja praznina, pitanja sa jednim ili više tačnih izbora kao odgovor, *open-ended* pitanja, *true/false* pitanja itd.

• **Anketa** (engl. *survey*) – najčešće korišćena forma i tehnika za prikupljanje podataka o određenoj temi. Ankete su neophodne za dobijanje ključnih podataka za razvoj efikasnih strategija i zadovoljstvo zaposlenih, klijenata ili kupaca. Mogu se sprovoditi na više načina – na papiru, onlajn, preko telefonskog poziva ili intervjuom uživo. Da bi anketa bila uspešna, bitno je postavljati jasna, koncizna, nepristrasna i objektivna pitanja. Onlajn anketa je u obliku forme koju korisnik popunjava, a ista se može distribuirati preko društvenih mreža, email-a, QR kodova ili URL-a [1]. Ovom vrstom ankete se štedi na vremenu i olakšava kasniji pregled i obrada podataka. Osim toga, dodatne prednosti su: tačnost, lakoća učešća za korisnike, dodatani branding koji kompanija postiže korišćenjem logoa i ostalih obeležja, postojanje već gotovih šablona (engl. *templates*) koji se mogu iskoristiti itd.

• **Bodovana anketa** (engl. *scored survey*) – anketa u kojoj svaki odgovor nosi određeni, fiksni broj bodova. U ovom tipu procene, kao ni kod obične ankete, ne postoje tačni i

pogrešni odgovori, već se na osnovu sakupljenih bodova formira određeni rezultat ankete za svakog učesnika [1]. Sabiranjem bodova korisnikovih odgovora dobija se konačan broj bodova, na osnovu koga se prikazuje rezultat u formi poruke. Obzirom na strukturu bodovane ankete, ona se može koristiti i u svrhu kviza, testa ili procene znanja, ali se najčešće praktikuje kao sredstvo za kreiranje testova ličnosti i sličnih procena zabavnog karaktera.

- **Kratka anketa** – (engl. *poll*) – anketa sa tačno jednim pitanjem, koja za cilj ima brzo prikupljanje povratne informacije (engl. *feedback*), preferencija, mišljenja itd.

3. POSTOJEĆA REŠENJA

SLang – tekstualan jezik specifičan za domen za kreiranje upitnika/anketa (engl. *Survey Questionnaires*). SLang ne razmatra prezentaciju upitnika i korisnički interfejs (engl. *User Interface* – UI), kao ni opšte aspekte koji se odnose na sisteme za prikupljanje podataka, kao što su bezbednost i analiza podataka [2]. Dizajn ovog jezika uključuje dve vrste transformacija modela u tekst (engl. *models to text* - M2T): transformaciju upitnika u SQL šemu i transformaciju u softver za prikupljanje meta-podataka koristeći JSON notaciju.

LiaScript - jezik specifičan za domen za kreiranje interaktivnih onlajn kurseva. Dizajniran je da bude kompatibilan sa *Common-Markdown*-om, ali takođe uvodi nekoliko jezičkih ekscentričnosti za rad sa kvizovima, anketama, *text2speech*, animacijama, ASCII-umetnošću, integraciju sa JavaScript-om itd. Ovaj jezik ima sopstveni makro-sistem koji pojednostavljuje dosadne i ponavljajuće zadatke sa uključenim sopstvenim *just-in-time* kompajlerom koji radi u pretraživaču i zbog toga ne zahteva dodatne alate [3]. LiaScript je interpreter koji preuzima i renderuje originalni *Markdown* dokument direktno unutar pretraživača.

Questionnaire DSL je jezik specifičan za domen (opisan pomoću *textX*-a) za opisivanje upitnika koristeći jednostavan interpreter terminala. Ovaj paket obezbeđuje interpreter upitnika koji prima model kreiran parsiranjem upitnika (opisanog ovim jezikom) i opciono kreira rečnik podrazumevanih odgovora identifikovanim dodeljenim ID-em ili rednim brojem pitanja.

TypeForm – alat za kreiranje *people-friendly* formi i anketa, koristeći neki od mnogih šablona (engl. *template*) u ponudi. Neki od šablona su šabloni za formu, kviz, anketu, kratku anketu, registraciju, izveštaj itd. Šabloni su takođe usmereni ka raznim domenima i predefinisanim temama i shodno tome dizajnirani (slike, raspored, boje, fontovi itd.) Nakon izbora odgovarajućeg šablona, ovaj alat omogućava izmenu i prilagođavanje istog izmenom teksta pitanja, tipa pitanja (*multiple choice*, *contact info*, *address*, *short text*, *long text*, *ranking*, *yes/no*, *opinion scale*, *rating*, *date* i mnogi drugi), slika, boja, logike itd. Nakon kreiranja forme, kviza, ili druge procene, ista se može sačuvati a zatim podeliti preko URL-a ili integrisati sa nekom od mogućih opcija.

TestPortal predstavlja drugo rešenje, veoma slično prethodnom alatu, osim što je fokusiran isključivo na procene koje proizvode određeni rezultat, bez podrške za upitnike i ankete.

ProProfs alat nudi najviše opcija, kao i najveći nivo prilagođavanja i podešavanja opcija: broj mogućih pokušaja, dozvola zabrana čuvanja i nastavljanja već započetog, vremensko ograničavanje, mogućnost premotavanja videa, automatsko pokretanje videa, redosled pitanja, omogućavanje preskakanja videa itd.

Zajednička karakteristika svih pomenutih onlajn alata jeste to što je za iole veću kontrolu kao i pregled rezultata i statistike neophodno pretplatiti se na *enterprise*, poslovni ili premijum plan.

Osim toga, kreiranjem procena putem nekog od pomenutih alata, dobiće se samo gotov proizvod, tj. kreiran kviz ili upitnik dostupan samo putem linka, bez slobode i mogućnosti da se potencijalno iskoristi ili integriše u neko softversko rešenje kao deo veće aplikacije.

Takođe, nema mogućnosti obrađivanja podataka tj. pristiglih odgovora u nekoj internoj bazi podataka, već su oni samo vidljivi putem ovih alata koji se u ovom konkretnom slučaju plaćaju.

4. JEZICI SPECIFIČNI ZA DOMEN

Fowler jezike specifične za domen definiše kao programske jezike ograničene ekspresivnosti fokusirane na određenu oblast. On naglašava da ekspresivnost zapravo proizilazi iz fokusiranja na uzak domen [4].

Takođe su opisani i kao programski jezici ili izvršive specifikacije jezika koje pružaju, kroz prikladne notacije i apstrakcije, široku ekspresivnost fokusiranu, a često i ograničenu, na specifičan domen problema [3].

JSD se nazivaju još i mali jezici (engl. *little languages*), a uspešnim JSD se smatra onaj koji je fokusiran na uzak, dobro definisan domen i pokriva ga na odgovarajući način.

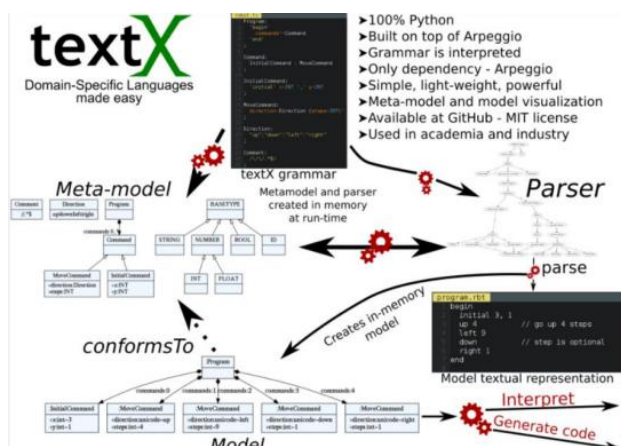
Neki od poznatih jezika specifičnih za domen jesu SQL, build jezici - Ant/Maven/Gradle, poslovni procesi - BPMN, DOT, PlantUML, Sed, HTML, CSS, XML, UML itd. [4].

5. TextX

TextX je meta-jezik (jezik za definisanje jezika) i alat za kreiranje jezika specifičnih za domen u programskom jeziku **Python**. Izgrađen je na osnovu **Arpeggio PEG** parsera, i koristeći njega, kreator jezika izbegava ručno konvertovanje stabla parsiranja u apstraktnu reprezentaciju [5]. Suštinski, doprinosi lakoj i jednostavnoj izgradnji potpuno novog tekstualnog jezika ili izgradnji podrške za već postojeći jezik.

Iz samo opisa gramatike, *textX* će automatski kreirati meta-model (u formi Python klase) kao i Arpeggio parser za opisani jezik. Parser će parsirati izraze kreiranog jezika i automatski izgraditi graf Python objekata (model) u odnosu na dati meta-model.

Dobijeni model može se dalje interpretirati, može se generisati kôd ili vršiti razne analize i transformacije (slika 1).



Slika 1. Arhitektura textX-a [6]

6. OPIS REŠENJA

Rešenje tj. projekat, sastoji se iz sledećih komponenti:

- **Jezik** i njegova **gramatika** opisana meta-jezikom textX
- **Parser** – izgrađen od strane textX-a
- **Server** - Uvicorn veb server implementiran za Python
- **Frontend** aplikacija – ReactJS aplikacija za prikaz korisničkog interfejsa kreiranih kvizova i upitnika

6.1. Gramatika

Gramatika jezika osmišljena je uzevši u obzir to da će ovaj jezik, kao i svaki JSD, potencijalno koristiti i osobe koje nisu iz programerske struke i nemaju tehničko predznanje već samo domensko. Shodno tome, težilo se ka lako razumljivom i čitljivom jeziku, bez gomilanja nepotrebnih simbola kao što su oble, vitičaste ili uglaste zagrade, dvotačke i sl. Može se reći da je kreirani JSD najbliži programskom jeziku Python po svojoj sintaksi, sa kojim deli i činjenicu da se kôd za veću čitljivost može pisati nazubljeno, ali nije neophodno. U nastavku ovog poglavlja, biće pojašnjena neka od pravila gramatike, opisana već pomenutim meta-jezikom textX.

Procena (engl. **Assessment**) je prvo i glavno pravilo gramatike ovog jezika, i ono obuhvata sve ostale elemente neophodne za kreiranje bilo kojeg tipa procene: naslov (engl. *title*), opis (engl. *description*), opcija za postavljanje pitanja za prikupljanje ličnih podataka (engl. *ask_for_personal_info*) i detalje procene (engl. *assessment_details*).

Detalji procene definisani su pravilom *AssessmentType* koje je definisano iskazom izbora, te označava da polje *assessment_details* može biti definisano nekim od sledećih pravila: **Quiz**, **Survey**, **ScoredSurvey**, **Poll**.

Kviz (engl. **Quiz**) pravilo čine: tip procene (engl. *type*), lista pitanja (engl. *questions*), kraj procene (engl. *end*), podrazumevani poeni pitanja (engl. *default_points_per_question*), podrazumevani negativni poeni pitanja (engl. *default_negative_points_per_question*) i kriterijumi polaganja (engl. *pass_criteria*).

Kviz pitanje (pravilo **QuizQuestion**) definiše se navođenjem karaktera "Q" i dvotačke, nakon čega, u proizvoljnom redosledu, slede: tekst pitanja, detalji pitanja (polje *question_details* definisano pravilom *QuizQuestionType*) i poeni pitanja (polje *question_points* definisano pravilom *QuestionPoints*).

Pitanja kviza i anketa mogu biti opisana nekim od sledećih pravila: *OpenEndedQuestion*, *SingleChoiceQuestion*, *MultipleChoiceQuestion*, *TrueFalseQuestion*, *NumberQuestion*, *OpinionScaleQuestion* i *RatingQuestion*.

Pravilo **Answer** opisuje odgovor na pitanje bilo kog tipa. Ono se opisuje na sledeći način: crtica (-), uglaste zagrade koje mogu biti prazne, sadržati informacije o tome da li je odgovor tačan (navodi se karakter "x") ili sadržati informacije o broju poena koje nosi odgovor (navodi se kao decimalan ili ceo broj). Nakon zagrada, sledi string koji opisuje tekst pitanja.

6.2. Parser

Kako bi se dobili svi relevantni podaci o jeziku, sve klase jezika i parser koji će biti u stanju da čita programe na datom jeziku, kreira se **meta-model**. Meta-model kreiraće se u ovom rešenju pomoću Python funkcije *meta-model_from_file*. Osim ovoga, registrovani su **procesori** koji vrše određene validacije i modifikacije nad prosleđenim objektima (npr. da li su poeni pitanja ili odgovora navedeni u slučaju da su obavezni, nisu navedeni ukoliko nisu dozvoljeni, koliko je tačnih odgovora definisano, da li je bodovanje kviza ispravno itd.).

6.3. Server

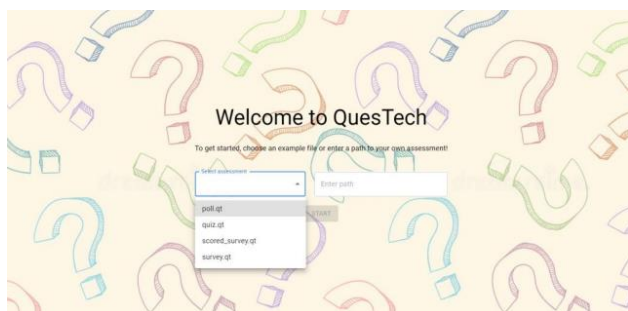
Backend deo ovog rešenja čine veb server i jedan API koji služi za dostavljanje modela zahtevanog kviza ili ankete od strane *frontend*-a. Podaci se pre slanja na klijentsku aplikaciju oblikuju pomoću DTO klasa.

Za kreiranje API-ja korišćeno je radno okruženje (engl. *framework*) FastAPI. REST API koji se koristi za dobavljanje resursa sa backend na frontend ima url *"/assessment"*, a metoda zahteva je GET. Nakon prijema zahteva, koji u *query* parametrima sadrži ime ili putanju fajla opisane procene, u ovoj funkciji se generiše model, transformiše u odgovarajući oblik pomenutih DTO klasa, a zatim enkoduje u JSON format, i kao takav response šalje. Veb server koji je korišćen u ovom rešenju je Uvicorn. Takođe, omogućeno je pokretanje programa preko komandne linije (cmd), sa opcijama *"--run_server"* i *"--assessment_file"* koje mogu kreirati meta-model (i njegovu vizuelizaciju) i model, bez pokretanja servera.

6.4. Frontend

Za potrebe korisničkog interfejsa, razvijena je React aplikacija koja predstavlja alat preko kojeg se može izabrati određena procena, učitati a zatim odgovoriti na sva pitanja i videti rezultat/broj bodova ukoliko postoji. Postoje tri glavne stranice: stranica za izbor fajla procene, stranica sa podacima i pitanjima kviza ili upitnika i stranica sa rezultatima.

Na prvoj stranici, korisniku se nudi mogućnost izbora nekog od postojećih fajlova sa opisom procene ili unosa putanje do njegovog fajla (slika 2). Nakon izbora, klikom na dugme "START" prelazi se na sledeći ekran.



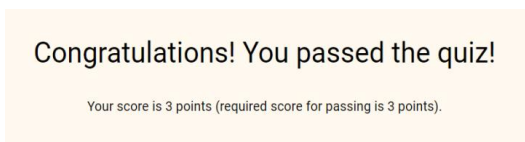
Slika 2. Prva stranica aplikacije

7. STUDIJA SLUČAJA

Posmatramo gramatikom opisani kviz pod nazivom "Math Quiz", koji se sastoji od 5 pitanja. Tipovi pitanja su: pitanje sa jednim mogućim odgovorom, pitanje otvorenog tipa, pitanje sa brojem kao odgovor, pitanje sa više mogućih tačnih odgovora i tačno/netačno pitanje. Osim ovoga, definisano je da kviz zahteva unos ličnih informacija, da ima ograničeno vreme trajanja od 1 sat, 4 minute i 5 sekundi, da dozvoljava preskakanje na kraj, ima definisane podrazumevane pozitivne i negativne poene od 2 i 0.5 i zahteva 3 poena da bi se smatrao položenim. U ovom slučaju, pitanje koja nema eksplicitno definisane poene, vrednovaće se podrazumevanim. Takođe, pretposlednje pitanje prihvata delimične tačne odgovore koje shodno tome buduće. Posmatrač se slučaj sa sledećim odgovorima: "3", "4", "Don't know", "-2", "true" (slika 3).

Slika 3. Pitanja i odgovori posmatranog kviza

Bodovanje bi, po pitanjima, izgledalo ovako: -0.5, 3, 0, 1, -0.5, što bi rezultiralo rezultatu od 3. Kako je 3 zahtevan broj bodova za prolazak, kviz bi se smatrao uspešno završenim (slika 4).



Slika 4. Rezultat posmatranog kviza

8. ZAKLJUČAK

Posmatrajući i analizirajući postojeća rešenja i njihove dobre i loše strane, kreiran je JSD sa ciljem da se omogući da se sa što manje koda opiše što širi opseg tipova procena. Svojom konciznošću i jednostavnom sintaksom, jezik je pogodan za upotrebu osobama iz raznih domena, bez prethodnog programerskog znanja. Osim toga, kreiranim jednostavnim korisničkim interfejsom

omogućeno je lako učitavanje opisane procene i prolazak kroz nju. Iako se težilo ka što kvalitetnijem, primenljivijem i sveobuhvatnijem jeziku i rešenju generalno, uvek postoji prostora za unapređenje. Neki od mogućih koraka u daljem razvoju mogu biti:

- Podrška za veći broj tj. širi opseg tipova procena, a i formi izvan ovog okvira (kursevi, treninzi, forme itd.).
- Omogućiti dodatne tipove pitanja kao što su: pitanja sa praznim prostorom za dopunjavanje rečenice, pitanja sa biranjem datuma kao odgovor, uslovna pitanja, pitanja za koja je potrebno priložiti sliku ili neki drugi tip fajla itd.
- Izolovati *frontend* rešenje tako da se procena može koristiti i prosleđivati dalje ciljnoj grupi zarad učestvovanja u istoj.
- Implementirati registraciju tj. prijavu.
- Integrirati rešenje sa nekim softverom za prikupljanje i analizu podataka.
- Nadograditi rešenje tako da se odgovori tj. rezultati šalju nazad serveru koji ih skladišti i dalje analizira – slično prethodnom unapređenju, s tim što bi ovo rešenje bilo "in house", te omogućilo veću slobodu i fleksibilnost.

9. LITERATURA

- [1] A. Bhat, „Surveys: What They Are, Characteristics & Examples”, <https://www.questionpro.com/blog/surveys/>, (poslednji pristup: maj 2023.)
- [2] Luciane C. Araujo, Marco A. Casanova, „[SLang: A Domain-specific Language for Survey Questionnaires](#)”, In Proceedings of the 22nd International Conference on Enterprise Information Systems, pp. 4-10, 2020. DOI: 10.5220/0009407401330144
- [3] „LiaScript A Domain-Specific Language for Interactive Online Courses”, <https://eric.ed.gov/?id=ED621589>, Association for Development of the Information Society, 2019. (poslednji pristup: maj 2023.)
- [4] F. Tomassetti, „The complete guide to (external) Domain Specific Languages”, <https://tomassetti.me/domain-specific-languages/>, 2017. (poslednji pristup: maj 2023.)
- [5] I. Dejanović, R. Vadera, G. Milosavljević, Ž. Vuković, „TextX: A Python tool for Domain-Specific Languages implementation”, Knowledge-Based Systems, vol. 115, pp. 1-4, 2017. DOI: 10.1016/j.knosys.2016.10.023
- [6] I. Dejanović, textX, <https://www.igordejanovic.net/courses/tech/textX/2023>. (poslednji pristup: maj 2023.)

Kratka biografija:



Nevena Alavanja rođena je u Novom Sadu 1998. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – računarstvo i automatika, odbranila je 2023. god.

kontakt: nevenaalavanja33@gmail.com

**RAZVOJ IOS APLIKACIJE ZA PRAĆENJE ZDRAVSTVENOG STANJA KORISNIKA
UZ UPOTREBU ČISTE ARHITEKTURE I MVVM DIZAJN PATERNA****HEALTH MONITORING IOS APPLICATION DEVELOPMENT USING CLEAN
ARCHITECTURE AND MVVM DESIGN PATTERN**

Maja Đorđević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu opisano je rešenje implementacije iOS mobilne aplikacije korišćenjem čiste arhitekture i MVVM dizajn paterna. Ovakav pristup pruža skalabilno, pouzdano, testabilno i modularno softversko rešenje. Dato implementirano projektno rešenje je aplikacija za praćenje zdravstvenog stanja korisnika.

Ključne reči: mobilne aplikacije, iOS, MVVM dizajn patern, čista arhitektura

Abstract – The thesis describes implementation of an iOS mobile application using clean architecture and MVVM design pattern. This approach provides a scalable, reliable, testable and modular software solution. The given implemented project solution is an application for monitoring the user's health condition.

Keywords: mobile applications, iOS, MVVM pattern, clean architecture

1. UVOD

Mobilne aplikacije postale su sastavni deo svakodnevnih aktivnosti i pružaju brz i jednostavan način za pristup informacijama i obavljanje različitih zadataka. Jedna od oblasti u kojoj se mobilne aplikacije sve više razvijaju je oblast zdravstva. Kako bi se osigurao visoki kvalitet, efikasnost i održivost softvera, neophodno je koristiti dobro promišljene arhitekture prilikom razvoja aplikacije. U ovom radu biće predstavljen razvoj mobilne aplikacije *HealthApp* za praćenje zdravstvenog stanja korisnika uz upotrebu modernih pristupa i tehnologija.

Ideja rada jeste realizacija mobilne aplikacije za potrebe praćenja zdravstvenog stanja korisnika, podrška za upozorenje korisnika ukoliko je došlo do kritičnih vrednosti praćenih zdravstvenih parametara, kao i dodatne preporuke za održavanje zdravstvenog stanja na normalnom nivou. Zdravstveni podaci koji se prate unutar aplikacije su: nivo krvnog pritiska, broj otkucaja srca, saturacija kiseonika u krvi, nivo šećera u krvi, brzina disanja, kao i broj pređenih koraka.

Međutim, razvoj takvih aplikacija može biti izazovan jer se moraju uzeti u obzir mnogi faktori kao što su sigurnost, pouzdanost, skalabilnost i performanse.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Dunja Vrbaški, docent.

Takođe, aplikacija treba da ima mogućnost lakog održavanja i modifikovanja kako bi se prilagodila promenama korisničkih zahteva i potrebama tržišta. Problem koji se rešava u radu jeste razvoj iOS aplikacije za potrebe praćenja zdravstvenog stanja korisnika na jednom mestu, uz korišćenje koncepta čiste arhitekture i MVVM obrasca. Ovakva arhitektura omogućava lakše održavanje, izmenu i testiranje aplikacije. Skaliranje i dodavanje novih funkcionalnosti je takođe olakšano, kao i razdvajanje prikaza korisničkog interfejsa od poslovne logike na jednostavan način. Ove arhitekture pružaju jasnu strukturu i organizaciju koda, što olakšava sam razvoj i održavanje softvera.

2. PROGRAMSKE PARADIGME

Paradigma je jezički nezavisan način programiranja [1]. Ona diktira koje su to programske strukture koje je potrebno koristiti i kada ih je potrebno koristiti. Sve do danas, postojale su tri takve paradigme.

2.1. Struktuirano programiranje

Strukturirano programiranje je programska paradigma koja je usmerena ka poboljšavanju računarskog programa u smislu poboljšavanja njenog kvaliteta, vremena razvoja i povećavanja jasnoće programa. Alat za poboljšavanje računarskog programa se krije u upotrebi konstrukcija kontrole toka, ponavljanja, blokovskih struktura i podrutina. Kod strukturiranog programiranja program se deli na manje module, tako da program postane jednostavan za razumeti.

2.2. Funkcionalno programiranje

Funkcionalno programiranje je stil koji se zasniva na izračunavanju izraza kombinovanjem funkcija. Osnovne aktivnosti su definicija funkcije, poziv funkcije i kreiranje programa. Program u funkcionalnom programiranju je niz definicija i poziva funkcija. Izvršavanje programa je evaluacija funkcija.

2.3. Objektno orijentisano programiranje

U objektno orijentisanom programiranju polazi se od toga da i podatak i funkcije koje obrađuju taj podatak čine deo neke celine. U ovakvom konceptu takvu celinu posmatramo kao objekat koji ima neka moguća stanja i ponašanja. Stanja predstavljaju vrednosti podataka koji se nalaze u okviru objekata, koji vremenom mogu da se menjaju i nazivaju se polja. Ponašanja predstavljaju pravila menjanja stanja, reakciju na uticaje okoline i

načina uticanja na okolinu. Oni se opisuju funkcijama i nazivaju se metode.

Osnovni principi objektno orijentisanog programiranja su:

1. Apstrakcija
2. Enkapsulacija
3. Polimorfizam
4. Nasleđivanje

3. PRINCIPI DIZAJNA SOFTVERA - SOLID PRINCIPI

Cilj SOLID principa je kreiranje softverskih struktura srednjeg nivoa koje tolerišu promene, jednostavne su za razumevanje i osnova su za komponente koje se mogu koristiti u mnogim softverskim sistemima. Srednji nivoi se odnose na nivoe koji su neposredno iznad nivoa programskog koda i pomažu pri definisanju programskih struktura koje se koriste u modulima i komponentama.

SOLID predstavlja pet osnovnih principa koji pomažu u kreiranju dobre arhitekture softvera [2]. Oni definišu kako se kombinuju funkcije i strukture popdataka u klase i kako bi te klase trebalo kombinovati jednu sa drugom.

3.1. Princip jedinstvene odgovornosti

Princip jedinstvene odgovornosti definiše pravilo da svaka klasa ili modul treba imati jasan i jedinstven razlog za promenu. To znači da svaka komponenta softvera treba biti odgovorna samo za obavljanje jedne specifične funkcionalnosti ili zadatka. Kada se javi potreba za promenom te funkcionalnosti, treba da postoji mogućnost izvršiti tu promenu bez uticaja na ostatak sistema.

3.2. Princip otvorenosti-zatvorenosti

Princip otvorenosti-zatvorenosti podrazumeva da klase trebaju biti otvorene za proširivanje, ali zatvorene za promene. To znači da klase trebaju biti napisane tako da se mogu proširiti, ali da se ne moraju menjati da bi se to postiglo.

3.3. Liskov princip zamene

Princip podrazumeva da klase trebaju biti zamenjive sa izvedenim klasama. Ukoliko se koristi objekt neke klase, on se može zameniti objektom njene podklase bez da dođe do promene u radu programa. To takođe znači da ako se koristi metoda neke klase, metoda podklase se može koristiti na isti način bez promene u radu programa.

3.4. Princip razdvajanja interfejsa

Princip razdvajanja interfejsa se odnosi na to da se interfejsi trebaju podeliti na manje, specijalizovane interfejse koji su konzistentni sa konkretnim potrebama klijenata. Odnosno, trebaju se izbegavati sveobuhvatni interfejsi koji sadrže metode koje nisu potrebne svima koji ih implementiraju.

3.5. Princip inverzije zavisnosti

Princip inverzije zavisnosti se fokusira na smanjenje zavisnosti između komponenti u sistemu, što omogućava lakše održavanje, razvoj i testiranje koda. Prema DIP-u, visokorazvojni moduli, na primer klase, ne bi trebale zavisiti o nižerazvojnim modulima, na primer implementacijama, već bi se trebale oslanjati na apstraktne interfejse ili apstrakcije. Ovaj princip

omogućuje da se nižerazvojni moduli menjaju ili zamenjuju bez da se menjaju visokorazvojni moduli.

4. DRY PRINCIP

DRY (engl. Don't Repeat Yourself) je princip u softverskom inženjerstvu koji se odnosi na smanjenje duplikata koda [3]. Cilj principa DRY je da se smanji količina koda koja se mora menjati kako bi se promenile neke od funkcionalnosti softvera. To se postiže tako što se kod koji se ponavlja preusmerava u jedinstvene metode, klase ili module. Primer kršenja ovog principa je kada se isti kod koristi više puta u različitim delovima programa. To može dovesti do problema održivosti, jer se svaki put kada se kod treba promeniti, mora menjati na svakom mestu gde se koristi. Ako se kod preusmeri u jedinstvenu metodu ili klasu, promene se mogu izvesti na jednom mestu, što čini kod jednostavnijim za održavanje i razumevanje.

5. SOFTVERSKA ARHITEKTURA

Arhitektura softvera je apstraktna struktura softverskog sistema koja predstavlja disciplinu kreiranja takvih struktura i sistema [4]. Svaka struktura sadrži softverske elemente, odnose među njima i svojstva elemenata i relacija. Ona se odnosi na donošenje fundamentalnih strukturalnih izbora. Jednom kada se implementiraju, svaka dodatna promena je skupa.

Softverska arhitektura je važna jer utiče na performanse, sigurnost, skalabilnost, održivost i lakoću razvoja softvera. Ako se softverska arhitektura ne planira i ne implementira ispravno, to može dovesti do problema sa performansama, skaliranjem i održavanjem softvera.

5.1. Karakteristike softverske arhitekture

Softverske arhitekture razdvajaju karakteristike arhitekture u široke kategorije u zavisnosti od funkcionalnosti, učestalosti zahteva, strukture i slično [5]. U tabli su predstavljenije neke od najvažnijih karakteristika koje se obično razmatraju.

Tabela 1. Osnovne karakteristike softverske arhitekture

Operativne karakteristike	Strukturalne karakteristike	Međusektorske karakteristike
Dostupnost	Mogućnost konfigurisanja	Pristupačnost
Performanse	Proširivost	Bezbednost
Pouzdanost	Mogućnost podrške	Upotrebljivost
Tolerancija grešaka	Prenosivost	Privatnost
Skalabilnost	Održavanje	Izvodljivost

6. ČISTA ARHITEKTURA

Čista arhitektura je pristup arhitekturi softvera koji se smatra funkcionalnom arhitekturom [1] [6]. Čista arhitektura se fokusira na organizaciju koda tako da se

razdvaja funkcionalnost od implementacije. Ova arhitektura podrazumeva korišćenje SOLID i DRY principa. Čista arhitektura koristi tehnike kao što su inverzija kontrole i ubrizgavanje zavisnosti kako bi se osiguralo da komponente ne budu direktno povezane, već da se komunicira preko jasno definiranih interfejsa. Navedene tehnike omogućavaju da se komponente lako menjaju, testiraju i razvijaju nezavisno jedna od druge.

6.1. Inverzija kontrole

Inverzija kontrole je softverski princip koji se koristi u objektno orijentiranim sistemima. Osnovna ideja principa je da se kontrola nad procesom izvršavanja prebacuje sa klase koja zahteva određene servise na klasu koja te servise pruža.

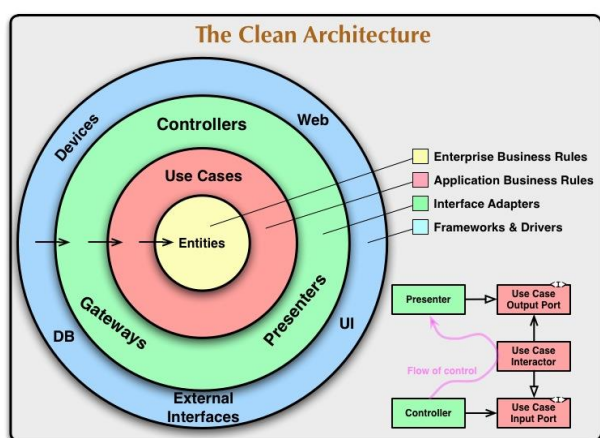
6.2. Ubrizgavanje zavisnosti

Ubrizgavanje zavisnosti je tehnika koja se koristi u objektno orijentiranim sistemima za rešavanje zavisnosti između klasa. Osnovna ideja je da se objekti koji su potrebni nekoj klasi ubace u klasu, umesto da se oni instanciraju unutar klase. To omogućava da se klasa koja koristi druge objekte razdvoji od klase koja ih instancira, što pomaže u održavanju i razvoju softvera.

6.3. Slojevi čiste arhitekture

Čista arhitektura se sastoji iz sledećih slojeva (Slika 1):

1. Prezantacioni sloj: odgovoran za rukovanje korisničkim unosom i prikazivanje informacija korisniku. Obično uključuje korisnički interfejs, kao što je grafički korisnički interfejs ili interfejs komandne linije.
2. Sloj slučaja upotrebe ili aplikativni sloj: sadrži poslovnu logiku i pravila aplikacije. On definiše slučajeve korišćenja sistema i implementira osnovnu funkcionalnost aplikacije.
3. Sloj domena: sadrži modele domena i entitete koji predstavljaju srž problematičnog domena aplikacije.
4. Infrastrukturni sloj: obrađuje spoljne zavisnosti kao što su baze podataka, veb servisi i drugi spoljni sistemi.



Slika 1. Slojevi čiste arhitekture [6]

Razdvajanjem koda na ovakve nezavisne sloje, čini ga modularnijim, lakšim za testiranje i održavanje. Takođe,

ovaka struktura olakšava dodavanje novih funkcija, menjanje postojećih i zamenu osnovnih tehnologija bez uticaja na ostatak koda.

7. SOFTVERSKI ARHITEKTURALNI OBRASCI

Arhitekuralni obrazac je koncept koji rešava i jasno definiše suštinske i kohezivne elemente arhitekture softvera [7]. Mnoštvo različitih arhitekture može implementirati isti obrazac i takođe deliti iste karakteristike. Često se obrasci definišu kao strogo opisani i opšte dostupni.

Oni predstavljaju nezaobilaznu komponentu razvoja softvera, međutim ne garantuju uvek uspeh projekta sami po sebi. Potrebno ih je integrisati sa dobrim dizajnom i pravilima razvoja, kao i sa primenom drugih praksi za kvalitet softvera, kao što su kontinuirana integracija i testiranje.

Neki od najpoznatijih arhitekuralnih obrazaca su:

- MVC (Model View Controller) obrazac: razdvaja aplikaciju na modele, prikaz i kontrolera tako da su logika aplikacije i interakcija sa korisnikom razdvojene.
- MVVM (Model View View-Model) obrazac: razdvaja aplikaciju na model, prikaz i model prikaza tako da su logika aplikacije i logika prikazivanja podataka nezavisna od interakcije korisnika.
- Mikroservisni obrazac: deli aplikaciju na mnoštvo malih nezavisnih servisa koji rade zajedno kako bi obavili kompleksne zadatke. Obrazac slojevite arhitekture - razdvaja aplikaciju u nekoliko slojeva gde svaki sloj ima specifičnu funkciju.
- Arhitekuralni obrazac vođen događajima: celokupna komunikacija unutar aplikacije se dešava kroz događaje. Događaj se šalje u sistem bus-a jednom kada se izgeneriše.
- Klijent-server obrazac: aplikacija se deli na klijent i server deo, u kom klijent šalje zahteve, a server odgovara na te zahteve.

7.1. MVVM arhitekuralni obrazac

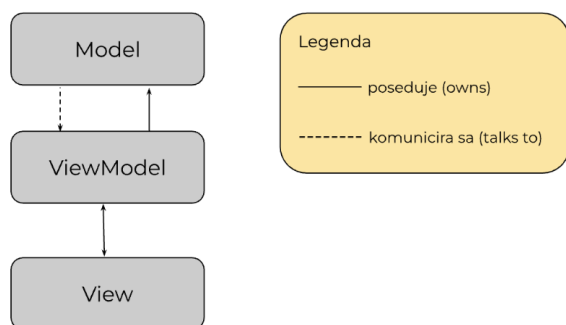
MVVM obrazac je nastao kao evolucija MVC obrasca [8]. Cilj je bio poboljšati MVC obrazac kako bi se omogućilo lakše razvoj aplikacija sa interaktivnim korisničkim interfejsom. MVVM je razvijen od strane Microsoft kompanije i prvi put objavljen 2007. godine. MVVM omogućava razdvojenje logike aplikacije od korisničkog interfejsa što omogućava fleksibilnost, modularnost i testabilnost koda. MVVM obrazac upravo rešava nedostatke MVC obrasca zahvaljujući jačoj modularnosti, boljoj razdvojenosti funkcija i testabilnosti.

7.1.1. Komponente MVVM obrasca

MVVM obrazac se sastoji iz tri jasno definisanih i međusobno povezanih komponenti (Slika 2) u kojima svaka ima zaduženje i obavlja specifične funkcije.

1. Model: predstavlja podatke i logiku aplikacije.
2. Prikaz: koristi se za prikaz podataka i primanje korisničkih akcija. To može uključivati ekrane, forme ili dijaloge.

3. Prikaz modela: komponenta koja povezuje model i prikaz. On se koristi za obradu podataka, izvršavanje logike aplikacije i ažuriranje prikaza.



Slika 2. Komponente MVVM obrasca

MVVM obrazac se često koristi u razvoju softvera zbog svojih brojnih prednosti, koje uključuju jasnu raspodelu odgovornosti između komponentata, povećanje produktivnosti, fleksibilnost i podršku testiranju i automatizaciji.

8. OPERATIVNI SISTEM IOS

iOS (iPhone Operating System) je mobilni operativni sistem koji je razvijen od strane Apple kompanije 2007 [9]. godine koji je moguće pokrenuti isključivo na hardverima koji su razvijeni od strane kompanije. Prvobitno je razvijen za operativni sistem iPhone uređaja, a kasnije je proširen i na ostale uređaje kao što su iPad i iPod Touch.

Arhitektura iOS operativnog sistema sadrži međusloj između aplikacija i hardvera tako da oni ne komuniciraju direktno. Niži slojevi pružaju osnovne usluge, a viši slojevi pružaju korisnički interfejs i sofisticiranu grafiku.

9. RAZVOJNO OKRUŽENJE XCODE

Razvojno okruženje Xcode sadrži pakete alata koji se koriste za razvijanje softvera za iOS, macOS, watchOS i tvOS operativne sisteme. Krajem 2003. godine je izašla prva verzija softvera. Verzija 14.2 je poslednja stabilna verzija koja je objavljena krajem 2022. godine i dostupna je na Mac App Store prodavnici besplatno.

Xcode ima sposobnost da generiše univerzalne binarne datoteke koje omogućavaju softveru da se izvršava na PowerPC, kao i na platformama koje su bazirane na Intel x86 procesorima i koje sadrže i 32-bitni i 64-bitni kod za obe arhitekture. Ovu sposobnost ima zahvaljujući Mach-O izvršnom formatu koji dozvoljava fat binary datoteke koje imaju kod za različite arhitekture.

10. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljeno implementaciono rešenje iOS mobilne aplikacije korišćenjem čiste arhitekture i MVVM dizajn obrasca. Čista arhitektura i MVVM dizajn patern pružaju stabilan temelj za razvoj iOS mobilne aplikacije za praćenje zdravlja korisnika. Ovi pristupi omogućavaju organizaciju koda, poboljšavaju održivost i testiranje,

olakšavaju integrisanje sa eksternim servisima i pružaju fleksibilnost za buduće promene.

Primena čiste arhitekture omogućuje podelu aplikacije na slojeve odgovornosti. Ovo omogućuje bolje organizovanje koda i jasno definisane granice između komponenti, što olakšava održavanje i proširivanje aplikacije. Takođe, čista arhitektura promovise nezavisnost od okvira, što olakšava zamenu ili nadogradnju određenih komponenti.

Kombinacija korišćene arhitekture i MVVM dizajn obrasca omogućava laku integrisanost sa različitim servisima i eksternim izvorima podataka, kao što su servisi za praćenje zdravlja korisnika. Jasno odvojeni slojevi i odgovornosti omogućavaju fleksibilnost u promeni ili dodavanju novih servisa bez uticaja na ostatak aplikacije.

11. LITERATURA

- [1] Robert C.Martin, "Clean Architecture", 2020.
- [2] Gary McLean Hall, "Adaptive Code : Agile Coding with Design Patterns and SOLID Principles", 2017.
- [3]https://en.wikipedia.org/wiki/Don%27t_repeat_yourself (pristupljeno u martu 2023.)
- [4]https://en.wikipedia.org/wiki/Software_architecture (pristupljeno u martu 2023.)
- [5]<https://www.geeksforgeeks.org/fundamentals-of-software-architecture> (pristupljeno u martu 2023.)
- [6]<https://blog.cleancoder.com/uncle-bob/2012/08/13/the-clean-architecture.html> (pristupljeno u martu 2023.)
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/Architectural_pattern (pristupljeno u martu 2023.)
- [8]<https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/maui/mvvm> (pristupljeno u martu 2023.)
- [9]<https://en.wikipedia.org/wiki/IOS> (pristupljeno u martu 2023.)

Kratka biografija:



Maja Đorđević rođena je u Čupriji 1996. godine. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisala je 2015. godine. Završila je osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka 2019. godine na smeru Primenjeno softversko inženjerstvo.
kontakt: majadj@icloud.com

**DISTRIBUIRANA PLATFORMA ZA FEDERATIVNO UČENJE ZASNOVANA NA
RAZDELJENOM VIŠESLOJNOM BLOKČEJNU****A DISTRIBUTED PLATFORM FOR FEDERATIVE LEARNING BASED ON A SHARDED
BLOCKCHAIN**David Stanojević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu će biti predstavljena distribuirana platforma za federativno učenje, zasnovana na razdeljenom blokčejn rešenju. Takođe, biće predstavljene i teorijske osnove koje stoje iza dva glavna aspekta platforme, federativnog učenja i tehnologija distribuirane glavne knjige.

Ključne reči: federativno učenje, blokčejn, tehnologija distribuirane glavne knjige, Hyperledger Fabric

Abstract – This work will present a distributed platform for federative learning based on a sharded blockchain solution. Furthermore, theoretical background of two main underlying aspects of the platform, the federative learning and distributed ledger technology, will be also presented.

Keywords: federative learning, blockchain, distributed ledger technology, Hyperledger Fabric

1. UVOD

Sa povećanjem pristupačnosti i procesne moći umreženih uređaja poput mobilnih telefona i pametnih senzora, javlja se nova potreba za visokim iskorištenjem ogromne količine podataka koje pomenuti uređaji generišu. Termin koji pokušava da objedini pomenuti problem u praksi je „Internet svega“ [1] (eng. *Internet of Everything* ili *IoE*). „Internet svega“ podrazumeva distribuirani sistem klijenata, uređaja, podataka i procesa koji su zajedno umreženi i koji svojom participacijom u tom sistemu pružaju vredne i precizne informacije za razne poslovne grupe, industrije ili fizička lica. Centralizovano mašinsko učenje je široko priznato u industriji kao standardna tehnologija pri obučavanju modela za primene u pametnoj industriji (eng. *Smart industry*), pametnim mrežama (eng. *Smart grid*) i inteligentnom transportu (eng. *Intelligent transportation*).

Međutim, centralizovano mašinsko učenje podrazumeva prikupljanje podataka iz velikog broja uređaja u centralno skladište za dalju obradu. Ovo ne samo da povećava opterećenje na mrežu i potencijalna kašnjenja, nego uvodi i rizik od curenja privatnosti i zloupotrebe podataka. Za rešavanje ovih problema, Federativno učenje je predloženo kao obećavajuća paradigma treniranja modela na distribuiran način.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dušan Gajić, vanr. prof.

S obzirom da se federativno učenje oslanja na centralni server za orkestraciju kompletnog procesa učenja, postoji visok rizik od ciljanih napada na server, i on kao takav postaje jedinstvena tačka neuspeha (eng. *single point of failure*). Dodatno, tradicionalni pristup ne može da se odbrani od zlonamernih uređaja koji mogu da šalju netačan lokalni model i time utiču na preciznost globalnog modela. Sa strane efikasnosti, većina arhitektura federativnog učenja rade u sinhronom režimu, i trening će kao takav u većini slučajeva biti usporen potencijalnim zaostalim uređajima. U drugu ruku, puno asinhrono treniranje može uvesti tzv. ustajale modele, odnosno modele koji nisu ažurirani neko vrijeme i koji mogu uvesti nestabilnost u globalni model.

2. DISTRIBUIRANA GLAVNA KNJIGA

Distribuirani sistemi su sistemi autonomnih računara ili komponenti, koje su fizički udaljene, ali koje zajedno komuniciraju i koordinišu svoje akcije putem softvera distribuiranog sistema, koji se najčešće nalazi na nekom od komponenti. Svaka od komponenti, poseduje sopstvene resurse, a rezultati zadataka koje pojedina komponenta dobije se razmenjuju u obliku poruka. Ovo ih razlikuje od paralelnih sistema gde se resursi najčešće dele između procesa. Na softveru distribuiranog sistema je da koordiniše komponente i podeli poslove na optimalan način, tako da spolja sistem izgleda kao jedna celina.

Jedna od bitnijih karakteristika distribuiranih sistema, koja je od velike važnosti za ovaj rad, jeste otpornost na otkaze i kvarove. Postoje mnoge vrste otkaza na koje utiču na sistem, kao što su prolazni, povremeni ili trajni otkazi. Njihovom pojavom dolazi do pada performansi distribuiranog sistema, vidljivim kroz metrike pouzdanosti i dostupnosti.

Druga stvar kod tradicionalnog federativnog učenja, jeste što ne postoji otpornost na kvarove, pogotovo na kvarove proizvoljnog, odnosno *vizantijskog* tipa [2]. Ovaj tip kvara se najčešće poistovećuje sa malicioznim procesima, iako uglavnom nije moguće pouzdano utvrditi da li je neka akcija bila benigna ili maliciozna. Zbog toga se pravi razlika između kvara usled propuštanja, gde komponenta ne preduzme akciju koja je trebala preduzeti, i kvara usled delovanja, gde komponenta preduzme akciju koju nije trebala preduzeti. U svakom slučaju, nameran kvar, bio on usled propuštanja ili delovanja, predstavlja ozbiljan bezbedonosni problem u sistemu federativnog učenja i često dovodi to pojave „trovanja modela“ (eng. *model poisoning*).

2.1. Blokčejn

Kada mreža dostigne konsenzus o validnosti najnovijeg stanja glavne knjige, transakcija koja je predložila izmenu se finalizira, enkriptuje i koristi kao osnova za sve buduće transakcije. Ovo je princip na kome se grade sve blokčejn (eng. *blockchain*) tehnologije, gde svaki blok izmena sadrži sopstveni vremenski otisak, kao i enkriptovane informacije o prethodnom bloku, time gradeći jedan veliki lanac blokova. Linearna struktura ovih lanaca podseća u mnogo čemu na jednostruko spregnutu listu, uvezanu kriptografskim primitivama kao što je heš (eng. *hash*) funkcija, što ih čini jako otpornim na bilo kakav vid izmene nakon što se blok upiše u lanac. Najpoznatiji predstavnik ove tehnologije je Bitcoin [3], koji uspostavlja konsenzus na osnovu algoritama baziranih na lutriji, poput dokaza posla [4].

2.2. Sistemi otporni na otkaze

Pored algoritama konsenzusa zvananih na lutriji, postoji posebna klasa algoritama konsenzusa zasnovanih na glasanju. Ova klasa algoritama je od značaja kod *permissioned* blokčejn tehnologija, i biće u posebnom fokusu ovog rada zbog svoje primene u aplikacijama poslovnog (eng. *enterprise*) tipa, u poređenju sa aplikacijama javne prirode koje se zasnivaju na *permissionless* platformama poput *Ethereum*-a. [5] U kontekstu ovih sistema, postoje tri najbitnija tipa otkaza, odnosno kvarova. **Zaustavljajući kvarovi** (eng. *fail-stop*) – kvar se usled pada može pouzdano detektovati unutar neke predefinisane vremenske granice. **Bučni kvarovi** (eng. *fail-noisy*) – kvar se usled pada može eventualno, na kraju detektovati. **Proizvoljni kvarovi** (eng. *fail-arbitrary*) – kvarovi koji generišu odgovore koje ne bi trebali generisati, ali koje drugi procesi se ne mogu detektovati kao netačne. Maliciozni proces mogu čak sarađivati sa drugim procesima da proizvedu namerne netačne odgovore i podrivaju system.

2.2. Raft konsenzus algoritam

Pošto su prvobitni algoritmi za sprečavanje bučnih kvarova, poput *Paxos* [6] algoritma, bili prekomplikovani, odnosno upravljanje njihovim greškama i graničnim slučajevima je dosta teško za ispratiti i implementirati. Stoga je osmišljen *Raft* [7] konsenzus algoritam sa ciljem da se čitav proces pojednostavi što je više moguće. Od tada, *Raft* postaje široko prihvaćen u mnogim popularnim alatima poput *Apache Kafka* [8]. *Raft*, u svojoj osnovi, sastoji se iz dva glavna procesa: izbor lidera (eng. *leader election*) i replikacija loga (eng. *log replication*). **Izbor lidera** – U *Raft*-u postoji samo jedan lider po klasteru. Ostale replike mogu imati ulogu kandidata ili ulogu pratioca (eng. *follower state*). Lider na vremenske intervale šalje znake života (eng. *heartbeats*) ostalim replikama. Ukoliko replike ne prime *heartbeat* neki određeni vremenski period, pretpostaviće da se lider srušio i zapoćeće proces reelekcije lidera. **Replikacija loga** – U početnoj fazi, klijent šalje zahtev za izmenom stanja lideru, lider uloguje izmenu ali je ne komituje. Lider potom šalje predlog izmene replikama, i ukoliko se većina replika složi sa izmenom, lider komituje izmenu u svoj log, obaveštava klijentu da je izmena prihvaćena i na kraju, zahteva od svih replika da takođe komituju izmenu u svoje logove.

3. FEDERATIVNO UČENJE

Federativno (kolaborativno) učenje (eng. *federated learning*, *FL*) predstavlja decentralizovan pristup treniranju *ML* modela, koji podrazumeva više nezavisnih sesija treniranja na udaljenim uređajima, nad njihovim lokalnim podacima. Ovaj pristup treniranja *ML* modela je u kontrastu u poređenju sa tradicionalnim centralizovanim pristupom gde se svi lokalni skupovi podataka spajaju u jednu trening sesiju. Takođe, ne podrazumeva činjenicu da su svi lokalni uzorci podataka identično distribuirani, što je generalno i priroda kod heterogenih izvora podataka. Federativno učenje adresira kritične probleme poput privatnosti podataka, sigurnosti podataka i prava pristupa podataka. Postoji više strategija federativnog učenja: **Centralizovano federativno učenje** – centralni server se koristi za orkestraciju različitih koraka *FL* i koordinaciju svih čvorova tokom procesa učenja. Server je takođe zadužen za selekciju čvorova na početku procesa učenja i agregaciju dobijenih izmena modela. Kao što se može videti, server ovde može postati usko grlo sistema i potencijalni problem. **Decentralizovano federativno učenje** – svi čvorovi imaju sposobnost da koordinišu sebe putem algoritma konsenzusa i time zajednički dođu do globalnog modela. Ovaj pristup sprečava probleme kao što su jedinstvena tačka neuspeha (eng. *single point of failure*), pošto se izmene šalju samo između međusobno uvezanih čvorova bez orkestracije centralnog servera. Jedna od mogućih mana ovog pristupa je loš odabir algoritma konsenzusa koji može da preoptereći komunikaciju u mreži i time smanji performanse učenja.

3.1 Nezavisnost i jednaka distribuiranost uzoraka

U većini slučajeva, pretpostavka da su uzorci u svim lokalnim čvorovima nezavisno i jednako distribuiran, ne važi u federativnom učenju. Uzmimo u razmatranje sledeći slučaj, za nadgledani *FL* zadatak sa obeležjima x i labelama y . Statistički model federativnog učenja podrazumeva dva nivoa uzorkovanja: pristup podacima prvo podrazumeva uzorkovanje klijenta $i \sim Q$, iz distribucije svih dostupnih klijenata, a potom uzorkovanje primera $(x, y) \sim P_i(x, y)$ iz lokalne distribucije podataka klijenta i . Neidentične distribucije klijenata, odnosno $P_i \neq P_j$ za različite klijente i, j , možemo karaterisati na dva najčešća načina. **Iskrivljenje distribucije obeležja** (eng. *covariate shift*) – marginalne distribucije $P_i(x)$ mogu da variraju po klijentima, čak i ako je $P(y|x)$ deljen¹. Na primer, kod prepoznavanja rukopisa, različiti klijenti imaju različite načine pisanja istih karaktera. **Iskrivljenje distribucije labela** (eng. *prior probability shift*) – marginalne distribucije $P_i(y)$ mogu varirati po klijentima, čak i ako je $P(x|y)$ isti. Na primer, kada klijenti iz različitih geografskih lokacija imaju drugačije vrste slika ili različite medicinske ustanove uzimaju roentgen snimke sa drugačijim nijansama boja zbog raznih aparata koji postoje.

¹ Pišemo „ $P_i(y|x)$ je deljen” kao skraćenu verziju $P_i(y|x) = P_j(y|x)$ za sve klijente i, j

3.2 Algoritmi federativnog učenja

Od velikog izbora algoritama federativnog učenja koji imaju za zadatak agregirati lokalne modele i kreirati validan globalan model na nivou mreže, spomenućemo jedan koji je veoma bitan za ovaj rad. **Federativno uprosečavanje** (eng. *FedAvg*) – je generalizacija *FedSGD* [9]-a, koja dozvoljava lokalnim čvorovima da obave više od jednog paketnog ažuriranja modela nad lokalnim podacima, razmenjujući ažurirane težine (parametre), a ne njihove gradijente (izvode). Razlog za ovakav pristup je, da ako u *FedSGD*-u svi čvorovi počnu od istog stanja (inicijalizacije), onda je uprosečavanje parametara modela identično sa uprosečavanjem gradijenata parametara modela. Dodatno, uprosečavanje težina koje počinju od iste inicijalizacije uglavnom ne spušta performanse tako agregiranog modela.

4. OPIS REŠENJA

Platforma za federativno učenje sastoji se iz dvoslojnog blokčejna u kom se prvi sloj koji se zove *podlanac* (eng. *subchain layer*), sastoji iz višestrukih udeljenih blokčejnova (eng. *sharded subchains*), a drugi sloj ili sloj glavnog lanca (eng. *mainchain layer*) sastoji od jednog blokčejna zasnovanog na algoritmu acikličnog grafa. Za sloj *podlanca* razmotrena je klasična višepristupni scenario za primenu u pametnom IoT-u za podršku IoT uređajima sa slabijim performansama, gde se *ivični čvorovi* (eng. *edge nodes*), odnosno uređaji sa dovoljnim komputacionim resursima, particionišu u višestruke nezavisne grupe koje nazivamo *delovima* (eng. *shards*). Da bi se ispunili zahtevi kontrole pristupa IoT uređaja, za *podlanac* prisvojeno je rešenje konzorcijum blokčejna, poput *Hyperledger*-a. S druge strane, glavni lanac može biti raspoređen na više distribuiranih *ivičnih čvorova* ili pouzdanih komputacionih platformi zarad validacije transakcija dostavljenih od strane *delova*, odnosno *podlanaca*.

4.1. Sloj uređaja

Ovaj sloj se sastoji iz IoT uređaja koji učestvuju u zadacima vezanih za proces federativnog učenja, kao što su pametni telefoni, vozila, uređaji pametnih kuća i ostalih, koji su odgovorni za održavanje sakupljenih podataka i treniranje lokalnih modela. Dodatno, uređaji imaju obavezu da upakuju ažuriran lokalni model unutar transakcije sa dodatnim metapodacima poput autorizacionih informacija i vremenskog otiska, i takvu transakciju dostave svom *podlancu*.

4.2. Sloj podlanca

Podlanci su raspoređeni u svakom *delu* kao nezavisni blokčejn, svaki zadužen za koordinaciju IoT uređaja unutar svog dela i završavanje *FL* zadataka u sinhronom režimu. Zbog toga, *Raft* konsenzus protokol je uveden u svakom *podlancu*, radi visokih performansi i opsega komunikacije potrebnog unutar svakog *dela*. Posledica toga je da *ivični čvorovi* unutar svakog dela spadaju u jednu od dve kategorije. **Lider čvor podlanca** (eng. *subchain leader node, SLN*) – čvor koji je izabran za lidera po principu *Raft* algoritma. Pored standardnih operacija uspostavljanja konsenzusa među čvorovima, *SLN* je takođe odgovoran za odabir uređaja koji će vršiti treniranje i autorizovati im pristup *podlancu*. Takođe, *SLN* mora da agregira lokalne modele i dostavi ažuriran

model na nivou dela na kraju iteracije glavnom lancu, kao i kreiranje osnovnog iteracionog modela dobavljenog od glavnog lanca na početku nove iteracije. **Pratioc čvor podlanca** (eng. *subchain follower node, SFN*) – čvor koji ima zadatak da validira autentičnost kao i preciznost lokalnih modela dostavljenih kroz transakciju od strane IoT uređaja, i prosledi validne transakcije *SLN*-u. Takođe, zadužen je zajedno sa ostalim čvorovima pratiocima unutar jednog *dela* da uspostavi konsenzus o bloku izgenerisanom od strane *SLN*-a.

4.3. Sloj glavnog lanca

Asinhroni konsenzus mehanizam baziran na arhitekturi direktnog acikličnog grafa, odnosno tangle konsenzusa, prihvaćen je u glavnom lancu za svrhu rukovanja interakcijama sa *podlancima*. U DAG glavnom lancu, čvorovi grafa predstavljaju transakcije (blokove), dok ivice grafa označavaju odobrenje neke druge transakcije. Svaka transakcija predstavlja jedan model istreniran od strane jednog *dela*. Transakcije koje nisu odobrene ni od jedne druge transakcije zovu se *vrhovi*. Za razliku od drugih blokčejn sistema, kao što je to slučaj sa PoW-baziranim blokčejnovima, glavni lanac se ne oslanja na jedan lanac koji predstavlja jedinstveni izvor stanja, upravo zbog njegove strukture grafa. Glavni lanac koji inherentno toleriše grananja lanca (eng. *forks*), u mogućnosti je procesirati transakcije asinhrono. Stoga, ova platforma ima sposobnost efektivnog skaliranja bez prevelikog uticaja na performanse sistema: sve što novi IoT uređaj treba da uradi jeste da se pridruži postojećem *delu*, ili eventualno da se uskladi sa drugim *ivičnim uređajima* da kreira novi *deo*.

4.4. Proces federativnog učenja

Platforma zbog svoje višeslojne arhitekture, podržava i sinhrono i asinhrono učenje, što je čini veoma efikasnom i skalabilnom. Stoga, uvode se dva tipa transakcija, transakcija *podlanca* i transakcija glavnog lanca. Transakcija *podlanca* se kreira od strane IoT uređaja i *SLN*-ova i koristi se unutar jednog *dela*. Transakcija glavnog lanca je kreirana od strane *SLN*-a i sadrži agregiran model čitave iteracije *dela* i u upotrebi je unutar glavnog lanca. Faze koje detaljnije opisuju ovaj proces su sledeće:

5.4.1. Faza 1: Objavljivanje zadatka

Glavni lanac na zahtev spolja, započinje *FL* zadatak, tako što analizira sve nepotvrđene transakcije, odnosno *vrhove*, i bira podskup vrhova koji potom filtrira i sortira na osnovu preciznosti njihovih agregiranih modela. Isfiltrirane transakcije grupiše zajedno i agregira njihove parametre modela i kreira osnovi iteracioni model, koji spakuje u transakciju i pošalje je zainteresovanim podlancima koji su spremni za sledeću iteraciju treniranja. Ukoliko ne postoje *vrhovi*, kreira se početna (eng. *genesis*) transakcija sa nasumičnim parametrima.

5.4.2. Faza 2: Treniranje unutar delova

Transakcija se dovlači od strane *SLN*-a, koji izvlači korisne informacije poput parametara modela, broja epoha, trenutne preciznosti, i čuva ih unutar distribuirane glavne knjige. Potom, za svaku trening rundu, *SLN* bira kandidate među IoT uređajima na osnovu kvaliteta njihovih performansi, gde će oni uređaji sa optimalnim stanjem baterije i kvalitetom mreže biti izabrani za trening rundu. Odabrani uređaji dobijaju autorizaciju da mogu

skinuti osnovi model trenutne runde sa glavne knjige i prosleđuju svoje lokalne podatke. Važna napomena je da se modeli čuvaju van lanca (eng. *off-chain*), u obliku heš vrednosti koja se koristi kao identifikator za dobavljanje datoteke modela skladištene na IPFS distribuiranom skladištu. Ovaj način čuvanja je neophodan zbog očiglednih problema sa performansama s obzirom da modeli mogu imati veličinu od par stotina megabajta do par gigabajta, u zavisnosti od odabranog algoritma dubokog učenja.

Na osnovu osnovnog modela runde dobijenog od podlanca, svaki uređaj će obučavati svoje lokalne modele nad sopstvenim podacima. Nakon što dostigne, ili broj epoha ili određenu ciljnu vrednost konvergencije metrike evaluacije, uređaj šalje lokalni model nazad nekom od čvorova *podlanca*. Nakon što su svi lokalni modeli primljeni, čvorovi *podlanca* validiraju tačnost dobijenih modela na osnovu testnog skupa podataka. *SLN* će zatim agregirati validne lokalne modele na osnovu *FedAvg* algoritma, i zatim objaviti *podlancu* kao novi osnovni model runde. Čitav proces se ponavlja dok se ne dostigne broj rundi zadat u metapodacima zadatka, odnosno transakcije glavnog lanca.

5.4.3. Faza 3: Kreiranje transakcije glavnog lanca

Kada se izvrši zadati broj rundi treniranja, najnoviji osnovni model se pakuje unutar transakcije glavnog lanca i šalje glavnom lancu od strane *SLN*-a.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu predložena je višehijerarhijska platforma za federativno učenje, zasnovana na blokčejn tehnologiji. Platforma značajno poboljšava performanse i sigurnost FL sistema unutar inherentno nepoverljive okoline ivičnih uređaja. Implementirana je razdeljena arhitektura za paralelizam između blokčejnova, zarad mnogo bolje skalabilnosti sistema. Unutar *podlanaca*, implementiran je Raft konsenzus algoritam za koordinaciju naučenih lokalnih modela, dok je na glavnom lancu implementiran konsenzus baziran na direktnom acikličnom grafu, što omogućava istovremenu sinhronost i asinhronost sistema, efektivno uklanjajući probleme ustajalih modela i zaostalih uređaja. Štaviše, robusnost platforme na napade tipa „trovanja modela“, od strane zlonamernih čvorova, poboljšana je višehijerarhijskim konsenzusom na oba sloja.

Za buduće radove, u planu je istraživanje ka algoritmu modela baziran na arhitekturi transformera [10], zarad poboljšanih performansi usred nebalansiranih skupova podataka, kao i implementacija dubljih verzija neuronskih mreža zarad dostizanja veće tačnosti na težim skupovima podataka poput CIFAR10 [11], a pritom očuvavajući postojeće performanse na jednostavnijim modelima. Takođe, u razmatranju su razne optimizacije na nivou modela, poput odabira normalizacije podataka i odabira funkcije gubitka, više prikladne federativnom pristupu učenju modela.

7. LITERATURA

- [1] “Internet of Everything,” [Online]. Available: <https://ioe.org/>.
- [2] R. S. M. P. Leslie Lamport, “The Byzantine Generals Problem,” 1982.
- [3] S. Nakamoto, “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System,” 2008.
- [4] A. Back, “Hashcash - A Denial of Service Counter-Measure,” 2002.
- [5] V. Buterin, “Ethereum Whitepaper”.
- [6] L. Lamport, “The Part-Time Parliament,” May 1998.
- [7] J. O. Diego Ongaro, “In Search of an Understandable Consensus Algorithm”.
- [8] Apache Foundation, “Apache Kafka,” [Online]. Available: <https://kafka.apache.org/>.
- [9] Wikipedia, “Stochastic Gradient Descent,” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Stochastic_gradient_descent.
- [10] Y. L. Y. C. Ze Liu, “Swin Transformer: Hierarchical Vision Transformer using Shifted Windows”.
- [11] A. Krizhevsky, “The Cifar-10 dataset,” [Online]. Available: <https://www.cs.toronto.edu/~kriz/cifar.html>.

Kratka biografija:



David Stanojević rođen je u Banjaluci 1997. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Softversko inženjerstvo i informacione tehnologije, odbranio je 2020.god.

Kontakt: davidstanojevic43@gmail.com

ODREĐIVANJE OPTIMALNE STRATEGIJE UPRAVLJANJA ZA PRIMENU VAKCINE U SPREČAVANJU PANDEMIJE, PRIMER COVID-19**DETERMINATION OF AN OPTIMAL CONTROL STRATEGY FOR VACCINE ADMINISTRATION IN PANDEMIC PREVENTION, E.G. COVID-19**

Divna Čosić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad se fokusira na projektovanje, razvoj i simulaciju optimalne strategije upravljanja za primenu vakcine u lečenju pandemije COVID-19. Cilj je pronaći najefikasniju raspodelu vakcina kako bi se maksimizirao efekat u suzbijanju širenja zaraze, poštujući medicinska ograničenja. Kroz matematičko modelovanje epidemije, numeričke metode i optimizacione tehnike te simulacije, rad ima za cilj pružiti smernice za donošenje odluka o vakcinaciji. Primenom algoritma diferencijalne evolucije estimirani su parametri SIR modela epidemije, a zatim je rešen problem optimalnog upravljanja u duhu Pontryaginove teorije.

Ključne reči: Matematičko modelovanje pandemije, Problem optimalnog upravljanja, Diferencijalna evolucija, Estimacija parametara

Abstract – This thesis focuses on design, development and simulation the optimal control strategy for the use of a vaccine in the treatment of the COVID-19 pandemic. The goal is to find the most efficient distribution of vaccines to maximize the effect in controlling the spread of infection, under medical constraints. Through mathematical modeling of the epidemic, numerical methods, optimization techniques and simulations, the paper aims to provide guidelines for making vaccination decisions. Using the differential evolution algorithm, the parameters of the SIR model of the epidemic were estimated and the optimal control problem was solved by Pontryagin's theory.

Keywords: Mathematical modeling of pandemic, Optimal control problem, Differential evolution, Parameter estimation

1. UVOD

Pandemija COVID-19 izazvala je globalnu zdravstvenu krizu i postavila izazov pred naučnu zajednicu i zdravstvene organizacije širom sveta. U cilju suzbijanja širenja bolesti i smanjenja broja zaraženih predviđene su različite mere od kojih se najdelotvornijom metodom pokazala vakcinacija. Međutim, problemi sa ograničenim resursima i brojem dostupnih vakcina nameću razvijanje optimalne strategije upravljanja vakcinacijom kako bi se postigli što bolji rezultati kontrole pandemije.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Zoran Jeličić, red. prof.

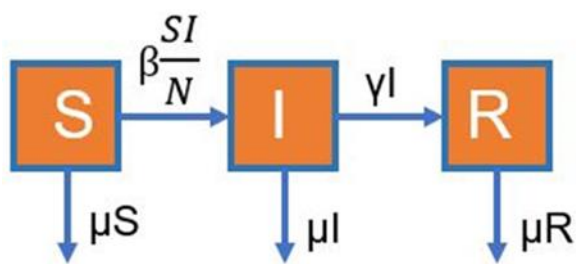
Kroz matematičko modelovanje epidemije, numeričke metode i optimizacione tehnike te simulacije ovaj rad se fokusira na istraživanje i određivanje optimalne strategije upravljanja za primenu vakcine u lečenju pandemije COVID-19.

2. POJAM OPTIMALNOG UPRAVLJANJA – POSTAVKA PROBLEMA

Optimalno upravljanje podrazumeva najbolji način promene ulaza pod zadatim ograničenjima da bi ponašanje na izlazu bilo u skladu sa projektovanim željama. Sama optimalnost je relativan pojam te da bi se o njoj moglo raspravljati neophodno je postaviti odgovarajući kriterijum optimalnosti, odnosno formulisati zahteve koje bi dati sistem trebao zadovoljiti da bi bio najcelishodniji. Dakle, za postavku problema optimalnog upravljanja neophodno je identifikovati objekt optimizacije, kao i cilj odnosno kriterijum optimizacije. Osim toga, da bi formulacija problema bila adekvatna, potrebno je da postoje takvi parametri u sistemu (u našem slučaju ulazi) čija promena može dovesti do željenog ponašanja sistema (u našem slučaju izlaza), respektujući dinamiku samog sistema.

2.1. Matematički model epidemije

Matematičko modelovanje epidemije je jedan od načina da se širenje zaraze na neki način predvidi, da se procene rizici, isplanira politika u vanrednim situacijama a samim tim da se poboljšaju zdravstveno-ekonomski aspekti društva. U matematičkom modelovanju epidemije najčešće se populacija deli u sledeće kategorije: *S* jedinke (od eng. *Susceptible*) – jedinke koje nisu zaražene pa su samim tim podložne virusu, *E* jedinke (od eng. *Exposed*) – jedinke koje su izložene virusu, ali nemaju vidljive simptome zaraze, *I* jedinke (od eng. *Infected*) – jedinke koje su zaražene i mogu zaraziti ostale *S* jedinke i *R* jedinke (eng. *Recovered*) – jedinke koje su prebolele zarazu i ne mogu je dalje širiti, a osim toga razvile su prirodni imunitet koji ih štiti od ponovnog zaražavanja [1]. Imajući to u vidu, mogu se izvesti modeli koji opisuju različite prirode zaraznih bolesti kao i principe širenja nad populacijom od *N* jedinki. Ukoliko populaciju čine samo *S* jedinke koje su podložne virusu i one koje su se zarazile, odnosno *I* jedinke, govori se o *SI* modelu. U slučaju da se pored te dve kategorije razmatra i kategorija oporavljenih *R* jedinki, radi se o *SIR* modelu koji će se u ovom radu nadalje razmatrati. *SIR* model će kasnije biti dopunjen još jednom kategorijom koja će opisivati stanje vakcinisanih jedinki u populaciji (*SIRW* model). Šematski se *SIR* model može opisati kao na slici 1.



Slika 1. Šematski prikaz sir modela

Parametar β predstavlja stopu prenosa zarazne bolesti što rezultuje da se osetljive jedinke zaraze i time pređu u kategoriju zaraženih, γ je stopa oporavka koja opisuje relaciju kada zaražene jedinke ozdrave i time pređu u kategoriju oporavljenih, dok μ označava stopu prirodnog mortaliteta koja će u daljem radu biti zanemarena jer se pretpostavlja da epidemija traje relativno kratko pa broj umrlih jedinki nema značajnog uticaja na rezultate. Matematički zapisan, model ima sledeće karakteristike nad populacijom od N jedinki: S jedinka koja je podložna virusu može se zaraziti od bilo koje zaražene I jedinke, pa je ovaj odnos pomoću stope prenosa bolesti β zadat kao

$$\frac{dS}{dt} = -\beta \frac{SI}{N} - \mu S, \quad S(0) = S_0, \quad (1)$$

S_0 predstavlja početni uslov osetljivog dela populacije. Zaražena I jedinka može preneti bolest na S jedinku, taj prenos se bliže određuje parametrom β , ali može i preći u kategoriju oporavljenih o čemu govori parametar γ u sledećoj relaciji

$$\frac{dI}{dt} = \beta \frac{SI}{N} - (\gamma + \mu)I, \quad I(0) = I_0, \quad (2)$$

I_0 je početni uslov zaraženog dela populacije.

Kada jedinka preboli zarazu, prelazi iz kategorije zaraženih u kategoriju oporavljenih prema stopi oporavka γ i pod pretpostavkom da je razvila prirodni imunitet koji onemogućava ponovno zaražavanje. Ova relacija je opisana sledećom jednačinom

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R, \quad R(0) = R_0, \quad (3)$$

gde R_0 označava početni uslov za oporavljeni deo populacije.

Obzirom na formulaciju **SIR** modela može se definisati populacija koju čini ukupno N jedinki podeljenih u tri kategorije S , I i R tokom vremena t

$$N(t) = S(t) + I(t) + R(t). \quad (4)$$

Numeričkim rešavanjem predstavljenih diferencijalnih jednačina moguće je simulirati dinamiku epidemije i analizirati kako se populacije podložnih, zaraženih i oporavljenih menjaju tokom vremena.

2.2. Estimacija parametara

Estimacija parametara je postupak određivanja nepoznatih vrednosti parametara u matematičkom modelu na osnovu dostupnih podataka ili informacija. U kontekstu epidemije, estimacija parametara se odnosi na određivanje vrednosti parametara koji opisuju dinamiku širenja bolesti. U prethodno usvojenom **SIR** modelu očekuje se da se vrednosti promenljivih stanja menjaju tokom vremena i to na način da se broj osetljivih S jedinki smanjuje zbog prelaženja u kategoriju zaraženih, shodno tome broj zaraženih I jedinki raste, kao i broj oporavljenih R jedinki.

Međutim, parametri koji su uvedeni da definišu razvoj epidemije COVID-19 (u ovom slučaju to su β , γ i I_0) smatraju se konstantnim tokom izvršavanja simulacije i njih je potrebno odrediti na optimalan način kako bi se matematički model približio realnom sistemu. Pronalazak pomenutih parametara omogućava kvantifikaciju ključnih karakteristika epidemije i pruža osnovu za dalja istraživanja i donošenje odluka u vezi sa upravljanjem pandemijom.

U osnovi, postupak estimacije parametara svodi se na minimizovanje razlike između izračunatih I_i^{sim} i stvarnih dostupnih vrednosti I_i^{real} o broju zaraženih. U tom slučaju kriterijum optimalnosti koji treba da bude zadovoljen u radu definiše se kao suma kvadrata razlike između izračunatih i stvarnih vrednosti zaraženih jedinki, odnosno kao u [1]

$$\mathcal{F} = \sum_{i=1}^M \frac{(I_i^{real} - I_i^{sim})^2}{(max I^{real})^2}, \quad (5)$$

gde M predstavlja ukupan broj dostupnih stvarnih podataka, a $max I^{real}$ se odnosi na maksimalnu vrednost zaraženih jedinki iz dostupnih podataka.

U oblikovanju kriterijuma optimalnosti normalizacija razlike između eksperimentalnih i simuliranih vrednosti poslužila je za lakše upoređivanje rezultata i interpretaciju. Osim toga, kvadriranje kvadrata razlike eliminiše negativne vrednosti i čini kriterijum optimalnosti simetričnim u odnosu na nulu što olakšava primenu različitih metoda optimizacije koje se oslanjaju na pozitivne vrednosti kriterijuma optimalnosti.

Cilj je minimizovati odstupanje definisano u $\mathcal{F}$ i pronaći parametare β , γ i I_0 tako da daju najbolje podudaranje između stvarnih i predviđenih vrednosti, pa je matematički zapis ovog problema

$$\underset{\beta, \gamma, I_0}{\operatorname{argmin}} \mathcal{F}. \quad (6)$$

U ovom radu se izračunavanje parametara neophodnih za dalje simuliranje **SIR** modela svodi na rešavanje optimizacionog problema koji se rešava evolutivnim algoritmom diferencijalne evolucije. **Error! Reference source not found.**

Algoritam diferencijalne evolucije je zasnovan na uobičajenoj strukturi evolutivnog algoritma, počinje od definisanja populacije, odnosno pretražuje i koristi populaciju kao izvor mogućih kandidata, zatim stvara nova rešenja kombinujući ona postojeća i to vodeći se sledećim koracima: mutacija, ukrštanje i selekcija.

Operatori koji omogućavaju pomenute operacije primenjuju se nad populacijom, odnosno potencijalnim rešenjima koja su u kontekstu ovog algoritma vektori. Kandidati sa najboljim vrednostima se zadržavaju u sledećoj iteraciji algoritma čineći u tom slučaju novi deo populacije, u suprotnom se zadržava trenutni član. Proces se ponavlja sve dok se ne ispuni zadati kriterijum optimalnosti ili dok se ne ispuni zadati broj iteracija. Osim za rešavanje problema estimacije parametara diferencijalna evolucija je korištena i za rešavanje problema optimalnog upravljanja. Za potrebe ovog istraživanja i estimaciju parametara korišćeni su stvarni podaci o broju zaraženog stanovništva u Kini preuzetih iz [2].

2.3. Definisanje problema optimalnog upravljanja na **SIRW** modelu

Cilj ovog poglavlja je formulacija problema optimalnog upravljanja koji će omogućiti identifikaciju optimalne strategije vakcinacije u cilju efikasnog suzbijanja epidemije. U tom kontekstu, optimalna strategija vakcinacije se definiše kao strategija koja minimizuje broj zaraženih jedinki tokom pandemije.

Treba napomenuti da se za potrebe ovog dela rada, prethodno opisan **SIR** model proširuje novom promenljivom W koja označava broj vakcinisanih jedinki. U tom slučaju, populacija je podeljena u četiri kategorije, odnosno

$$N(t) = S(t) + I(t) + R(t) + W(t). \quad (7)$$

Tada se prošireni sistem može predstaviti sledećim jednačinama

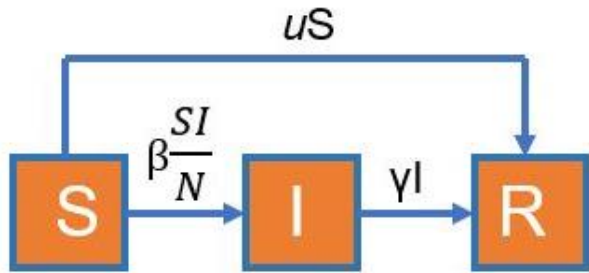
$$\frac{dS}{dt} = -\beta \frac{SI}{N} - \mu S, \quad S(0) = S_0, \quad (8)$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta \frac{SI}{N} - (\gamma + \mu)I, \quad I(0) = I_0, \quad (9)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R, \quad R(0) = R_0, \quad (10)$$

$$\frac{dW}{dt} = uS, \quad W(0) = W_0, \quad (11)$$

gde W_0 predstavlja početni uslov za ukupan broj vakcina. Radi lakše vizualizacije, dat je šematski prikaz **SIRW** modela.



Slika 2. Šematski prikaz **SIRW** modela

U ovom slučaju u je upravljačka promenljiva ovog sistema i označava da li se vakcinacija sprovodi nad podložnim delom populacije. Bitno je naglasiti da u može zauzeti samo dve vrednosti i to: $u = 0$ označava da se vakcinacija ne sprovodi a $u = 1$ označava da se vakcinacija sprovodi.

Nakon definisanja procesa kojim se upravlja, potrebno je definisati kriterijum optimalnosti Ω koji u ovom slučaju uzima u obzir broj zaraženih jedinki I kao meru širenja pandemije.

$$\Omega = \int_{t_0}^{t_f} I dt, \quad (12)$$

t_0 i t_f predstavljaju početno i krajnje vreme integracije. Problem optimalnog upravljanja se onda definiše na sledeći način

$$\arg \min_u \Omega. \quad (13)$$

Dakle, potrebno je odrediti vremenske trenutke u kojima kontrolna promenljiva u menja vrednost na način da strategija vakcinacije bude sprovedena na optimalni način, odnosno da broj zaraženih minimizuje poštujući sva medicinska ograničenja.

Kako bi se odredila optimalna strategija za primenu vakcine, koristi se relejno (*bang-bang*) upravljanje koje može zauzeti samo jednu od dve moguće vrednosti u različitim vremenskim trenucima. Vremenski interval $[0, t_f]$ je potrebno diskretizovati pomoću N_{elem} vremenskih trenutaka, tako da se zadovolji $t_0 \leq t_i \leq t_f$ za $i = 0, \dots, N_{elem} - 1$. Ovim postupkom dobija se $N_{elem} - 1$ vremenskih podintervala $[t_i, t_{i+1}]$ u kojima je vrednost upravljačke promenljive konstantna $u(t) = u_i$ za $t_i \leq t \leq t_{i+1}$. Takođe, uzimajući u obzir da se razmatra $N_{elem} - 1$ vremenskih podintervala, a potrebno je pronaći vremena priključenja, dimenzionalnost problema se smanjuje te je potrebno odrediti $N_{elem} - 2$ nepoznata parametra [3].

5. REZULTATI

U okviru korišćenja algoritma diferencijalne evolucije za estimaciju parametara, bilo je neophodno pravilno podešavanje algoritma kako bi se postiglo efikasno pretraživanje prostora parametara. Vrednosti granica pretraživanja parametara modela su definisane kako bi se obezbedilo da se oni nalaze unutar odgovarajućeg raspona. U ovom istraživanju, granice pretraživanja su postavljene na: $0,1 \leq \beta \leq 0,6$, $0,04 \leq \gamma \leq 0,6$ i $0,00000001 \leq I_0 \leq 0,5$.

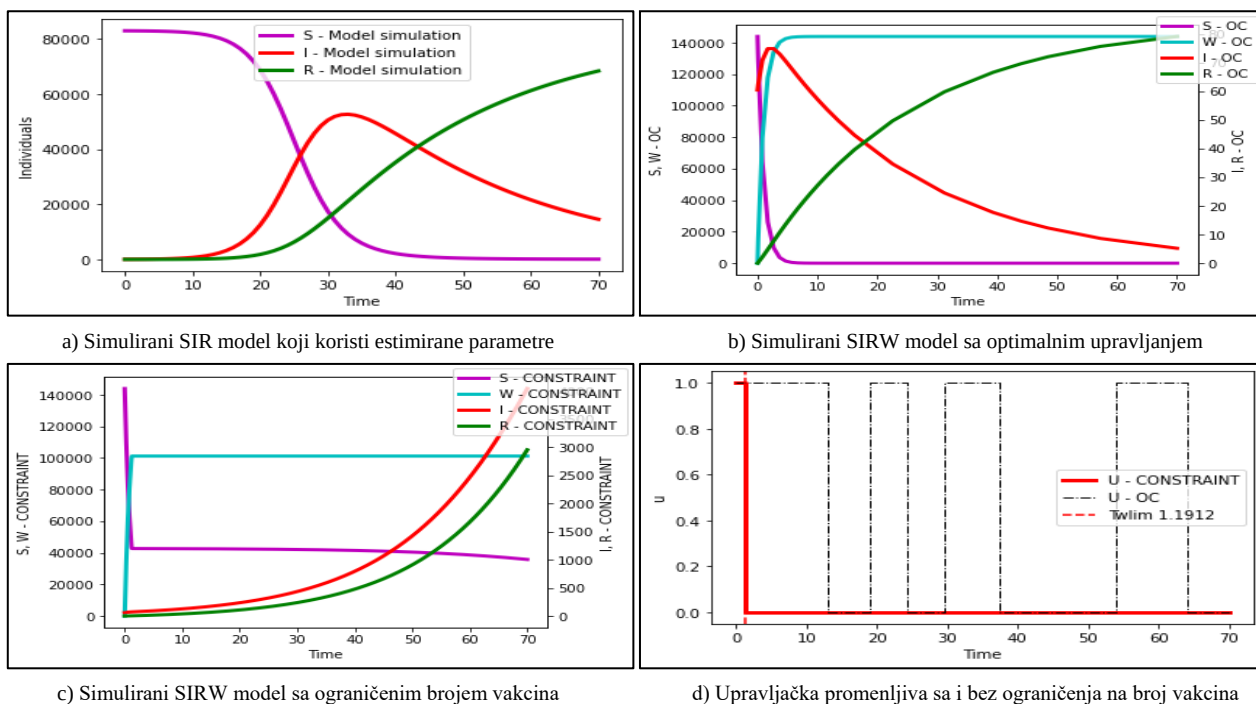
Navedena podešavanja omogućavaju algoritmu diferencijalne evolucije da pretraži prostor parametara unutar definisanih granica i pronađe optimalne vrednosti za β , γ i I_0 .

Prilikom pokretanja simulacije algoritam diferencijalne evolucije je procenio da su optimalne vrednosti parametara:

$\beta=0.3450983$	$\gamma=0,04$	$I_0=0.00041938$	$F=17.86011$
-------------------	---------------	------------------	--------------

Vrednosti ovih parametara su dobijene u optimizacionoj proceduri i predstavljaju procene koje se najbolje slažu sa eksperimentalnim podacima. Ove vrednosti omogućavaju modelu da simulira širenje zaraze i oporavak u populaciji na najbolji mogući način, u skladu sa dostupnim podacima. Slika 3 a) prikazuje simuliran **SIR** model koji uzima u obzir prethodno izračunate parametre pomoću algoritma diferencijalne evolucije. Pomoću njega se može pratiti dinamika širenja zaraze i oporavka u populaciji tokom vremena koje je izraženo u danima.

Nakon usvajanja parametara β , γ i I_0 iz prethodne faze istraživanja, **SIR** model je proširen uključivanjem nove promenljive W koja predstavlja broj upotrebljenih vakcina. Problem optimalnog upravljanja koji je prethodno definisan jednačinom (12), odnosno (13) se takođe rešava upotrebom algoritma diferencijalne evolucije. Na slici 3 d) isprekidanim linijom prikazana je upravljačka promenljiva tokom vremena izraženog u danima, odnosno određeni su trenuci u kojima se vakcinacija primenjuje odnosno ne primenjuje. Kada je upravljačka promenljiva $u=1$, to označava da se sprovodi vakcinacija u datom trenutku, a sa druge strane, kada je upravljačka promenljiva $u=0$, to znači da se ne sprovodi vakcinacija u datom trenutku. Obzirom na takvu raspodelu upravljanja, simuliran je **SIRW** model koji je prikazan na slici 3 b). Kada se primenjuje optimalna strategija vakcinacije može se uočiti brz pad broja podložnih osoba na početku primene vakcinacije. Ovo je posledica neograničenog broja dostupnih vakcina i nedostatka dnevnog limita u potrošnji vakcina.



Slika 3. Grafički prikaz rezultata

Nakon što su sve podložne jedinke vakcinisane, kriva ulazi u saturaciju odnosno pokazuje da podložnih jedinki više nema do kraja pandemije čime se značajno smanjio rizik od infekcije u populaciji. Osim toga, sa slike 3 b) se takođe može primetiti mali porast broja zaraženih u odnosu na I_0 te nakon toga kontinuirani pad broja zaraženih jedinki kao i postizanje značajno manjeg maksimalnog broja zaraženih jedinki u odnosu na slučaj bez optimalnog upravljanja. Ovo je rezultat neograničene primene vakcina što smanjuje mogućnost širenja virusa i samim tim ukazuje na uspešnost kontrolne strategije u suzbijanju pandemije.

Ukoliko se uvede ograničenje na broj vakcina, $W \leq W_{lim}$, gde W_{lim} označava maksimalan broj dostupnih vakcina, za očekivati je da će u slučaju da je ispunjen uslov $W \leq W_{lim}$ vakcinacija teći neometano, odnosno kontrolna promenljiva će imati vrednost $u = 1$. Sa druge strane, kada se dosegne limit u broju vakcina i $W = W_{lim}$ vakcinacija se neće sprovesti te će kontrolna promenljiva biti $u = 0$. Na slici 3 d) crvenom bojom je prikazana upravljačka promenljiva u pri ograničenju od $W_{lim} = 100000$. Može se primetiti kako se u ovom slučaju sa ograničenim brojem vakcina, vakcinacija završava ranije jer je potrebno vakcinisati manji broj jedinki. To se može primetiti i ukoliko se posmatra kriva vakcinisanih jedinki (W) sa slike 3 c) na kojoj je simuliran **SIRW** model sa ograničenjem na broj dostupnih vakcina. U tom slučaju vakcinacija će smanjiti broj podložnih jedinki, ali ograničenje na broj vakcina će odrediti koliko brzo će se to smanjivanje odvijati. U tom kontekstu, ako se govori o broju zaraženih jedinki, za očekivati je da će njihov broj tokom trajanja pandemije biti veći, ako je inicijalno broj dostupnih vakcina manji. Broj oporavljenih jedinki direktno zavisi o broju zaraženih jedinki. Ako je broj zaraženih jedinki veći za očekivati je da će i broj oporavljenih biti veći.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu proučavan je problem određivanja optimalne strategije upravljanja za primenu vakcine u lečenju pandemije COVID-19. Kroz primenu matematičkog mo-

dela epidemije i uz oslonac na optimizacione algoritme, cilj je bio proučiti dinamiku širenja bolesti i identifikovati optimalne strategije vakcinacije.

Primenjujući **SIR** model i diferencijalnu evoluciju sprovedena je estimacija parametara β , γ i I_0 . Estimacija parametara modela, uključujući stopu prenosa (β) i oporavka (γ), omogućila je realistično prilagođavanje modela stvarnim podacima i bolje razumevanje faktora koji utiču na širenje bolesti.

Primenom optimalne strategije vakcinacije značajno je smanjen broj zaraženih jedinki u odnosu na situaciju kada se zaraza širi bez kontrole. Grafik sa optimalnim upravljanjem odražava efikasnost implementiranih strategija u smanjenju podložnosti i kontroli širenja bolesti. Uvođenjem ograničenja na broj dostupnih vakcina, ograničeno je samim tim i smanjenje broja podložnih osoba. U odnosu na slučaj bez ograničenja na broj vakcina, ukupan broj zaraženih jedinki je veći. Što je broj dostupnih vakcina manji, to je i efekat vakcinisanja na epidemiju manji.

5. LITERATURA

- [1] Libotte, G.B. "Determination of an optimal control strategy for vaccine administration in COVID-19 pandemic treatment", Computer Methods and Programs in Biomedicine, Volume 196, 2020,
- [2] <https://systems.jhu.edu/research/public-health/ncov> (pristupljeno u julu 2023.)
- [3] Cruz, I. L. "Efficient Evolutionary Algorithms for Optimal Control". Appl. Soft Comput.(2003)

Kratka biografija:

Divna Čosić rođena je u Zrenjaninu 1996. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Praktična realizacija pametne kuće uz podršku Nucleo STM32F103RB mikrokontrolera i Android aplikacije za upravljanje istom – odbranila je 2020.god.
kontakt: divnacosc996@gmail.com

ZAŠTITNA OPREMA I NJENO MODELOVANJE U DISTRIBUTIVNOJ TEST MREŽI

MODELLING RELAY PROTECTION IN DISTRIBUTED TEST NETWORKS

Dušan Đuketić, Aleksandar Stanisavljević, Vladimir A. Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je posmatrana modifikovana IEEE 13-bus test mreža u okviru koje je modelovana relejna zaštita. Mreža je modifikovana tako što je u okviru nje priključena solarna elektrana i zaštitna oprema. Simulirani su jednopolni i trolpolni kratak spoj sa i bez relejne zaštite i prikazan je rad relejne zaštite tokom kratkih spojeva.

Ključne reči: IEEE 13-bus test mreža, solarna elektrana, relejna zaštita, napon, struja

Abstract – In the paper, a modified IEEE 13-bus test grid was observed in which the relay protection was modelled. The network was modified by connecting a solar power plant and protective equipment within it. Single-pole and three-pole short circuits with and without relay protections are simulated and the operation of the relay protection during short circuits is shown.

Keywords: IEEE 13-bus test grid, solar power plant, relay protection, voltage, current

1. UVOD

Pojava obnovljivih (distribuiranih) izvora električne energije u elektroenergetskom sistemu, poput solarnih, vetroelektrana, malih hidroelektrana, te elektrana na biomasu i bio gas unele su velike promene u njegov rad i postavile nove zahteve u pogledu održavanja stabilnosti i zaštite [1, 2]. Po obimu priključivanja, raspršenosti po distributivnoj mreži i prostornoj raspodeli, te intermitentnosti solarne energije, foto-naponske (FN) solarne elektrane imaju najširi uticaj i zahtevaju posebna prilagođenja u planiranju i eksploataciji, kao i promenu dnevne rutine [3]. Iz tih razloga je važno izučiti rad zaštitne opreme (relejne zaštite) i njeno modelovanje u slučaju kvarova u mreži. Poznati su brojni pristupi ovoj problematici [4, 5], a u ovom radu će za ovo izučavanje biti iskorišćen simulacioni model jedne od međunarodno priznatih IEEE referentnih distributivnih test mreža [6]. Za istraživanje efekata kvarova, odnosno pojave propada napona u mreži sa priključenim obnovljivim izvorima, na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu korišćene su razne IEEE test mreže. Tako je u [7] ovo istraživanje vršeno modelovanjem IEEE test mreža sa 3 i 9 sabirnica u DigSilent softveru. U [8] je korišćena IEEE test mreža sa

33 sabirnice emulirana u Typhoon HIL paketu, a razmatrani su propadi napona i pojava harmonijskog otiska [9].

Najčešće je za istraživanje korišćena IEEE 13-bus test mreža. U [10] i [11] razmatrani su propadi napona simuliranjem raznih vrsta kratkih spojeva u ovoj mreži sa priključenom FN i vetroelektranom i modelovanjem u Matlab/Simulink softveru. U [12] je iskorišćen DigSilent softver, a test mreža je modifikovana jednim vetrogeneratorom. Posmatrani su vremenski dijagrami napona i struja tokom kvara, kao i uticaj rada vetrogeneratora na ove veličine tokom kvara. Napredne metode ispitivanja propada u IEEE 13-bus test mreži sa primenom neuralnih mreža prikazane su u [13], gde je ukazano na veliku brzinu i tačnost detekcije kvarova.

Međutim, ni u jednom pomenutom istraživanju nije uključeno modelovanje i simulacija zaštitne opreme i njenog rada tokom raznih vrsta kvarova uz paralelno dejstvo obnovljivih izvora. U ovom radu će biti razmatrani različiti scenariji ovakvih situacija korišćenjem IEEE 13-bus test mreže sa priključenom FN elektranom i posmatran način reagovanja relejne zaštite.

2. DISTRIBUTIVNE TEST MREŽE I ZAŠTITA

U odnosu na tradicionalni, vertikalno organizovan elektroenergetski sistem (EES), gde je proizvodnja električne energije zasnovana na velikim elektranama sa sinhronim generatorima, a zatim se energija preko prenosnog i distributivnog sistema dostavlja potrošačima, kod novih, savremenih mreža proizvodnja na bazi obnovljivih izvora priključuje se i na distributivnu mrežu. Tako se dobija aktivna (distributivna) mreža, koja uključuje proizvodnju i skladištenje električne energije, odnosno Distribuirane elektroenergetske resurse ili skraćeno DER [2]. Time se smanjuju troškovi, gubici i negativni efekti na okolinu, a povećava efikasnost rada elektroenergetskog sistema.

2.1. Distributivne test mreže

Distributivne test mreže predstavljaju modele mreža koji su sačinjeni na bazi konfiguracije i parametara realnih distributivnih mreža, pa omogućuju simulacije njihovog rada u raznim (hipotetičkim) situacijama i pogodne su za razna testiranja. Cilj je da se reprodukuju karakteristike realnih sistema, pri čemu se uvažavaju karakteristike regiona gde se mreža nalazi. Distributivne test mreže su veoma koristan alat i veoma često se koriste u istraživanjima u oblasti elektroenergetike.

Najčešće korišćene distributivne test mreže su one koje je formirao IEEE, te CIGRE i dr. Ima ih više i najlakše se

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Stanisavljević, docent.

moгу podeliti po broju sabirnica (engl. *bus*), pa se kreću od 4 pa sve do 8500 čvorova [6].

IEEE 13-bus test mreža napravljena je po uzoru na severnoameričke mreže, koje su znatno drugačije od evropskih, pre svega zbog postojanja velikog broja potrošača koji su priključeni na jednu ili dve faze. Koren mreže predstavljen je „swing“ generatorom (može da generiše bilo koju količinu energije koja je potrebna mreži kako bi se održale naponske prilike) nominalnog napona 4.16 kV. Čvorovi su povezani nadzemnim i kablovskim vodovima, koji mogu biti trofazni, dvofazni ili monofazni. Na mrežu su priključena tri tipa potrošača. U čvoru 675 priključena je kondenzatorska baterija koja u mrežu utiskuje reaktivnu snagu od 200 kVAr po fazi. Frekvencija sistema je 60 Hz [6].

2.2. Relejna zaštita distributivnih mreža

U modernim distributivnim mrežama, za zaštitu od kratkih spojeva najčešće se primenjuju zaštitni uređaji kao što su prekostrujni releji, reklozeri, osigurači i naponski releji, koji obezbeđuju razne vrste zaštite [4].

U ovom radu razmatraće se tri vrste zaštite: prenaponska, podnaponska i prekostrujna zaštita. Treba napomenuti da će se koristiti trenutna prekostrujna zaštita, tačnije relej čija se logika zasniva na merenju trenutne struje. Kod podnaponske i prenaponske relejne zaštite princip rada i način delovanja je potpuno isti kao kod prekostrujnih releja. Ulazna veličina je napon i logika releja se zasniva na merenju istog. Napon koji se meri vezan je za struju podešenja sledećim izrazom:

$$U_{\text{podešenja}} = I_{\text{podešenja}} * Z \quad (1)$$

gde Z označava impendansu releja [4].

3. MODELOVANJE SISTEMA U SIMULINKU

U ovom radu korišćen je programski jezik „Matlab 2020“, odnosno njegov deo „Simulink“ iz kog je preuzet model IEEE 13-bus test mreže [14] i modifikovan dodavanjem modela FN elektrane [10,11,13]. Test mreža je dodatno modifikovana dodavanjem modela relejne zaštite.

3.1. Model IEEE13-bus test mreže sa FN elektranom

Model razmatrane IEEE 13-bus test mreže sa priključenom FN elektranom prikazan je na slici 1.

3.2. Model solarne elektrane

Model FN elektrane korišćene u radu dat je na slici 2. Elektrana je snage 250 kW i povezana je na sabirnicu 671 na napon 4,16 kV.

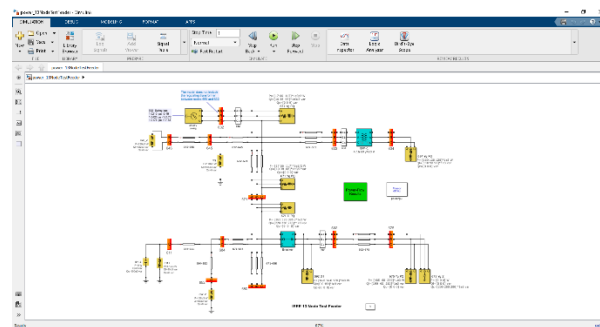
3.3. Modelovanje relejne zaštite

U distributivnoj mreži sa priključenom FN elektranom relejna zaštita je modelovana tako što se elektrana odvaja od mreže sa kvarom pomoću prekidača. U sve tri pomenute vrste zaštite, različita je samo logika po kojoj se prekidač aktivira. Na slici 3 prikazana je šema povezivanja i delovanja releja u IEEE 13-bus test mreži. Prikazana su sva tri releja, iako ne mogu odjednom da deluju. Kroz različita modelovanja biće prikaza primena svakog ponaosob.

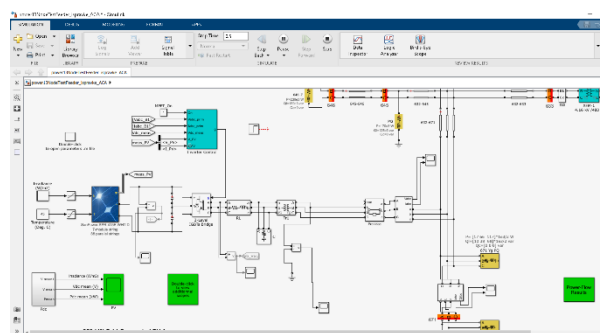
Podnaponski relej radi kada je napon manji od unapred određene vrednosti. Parametri se podešavaju tako što se prvo unese granica ispod koje relej reaguje i šalje signal

prekidaču. Podešavanje vremenskog kašnjenja podnapona zasniva na kašnjenju releja u davanju signala, odnosno ukoliko napon padne ispod dozvoljene granice, ali se vrati na dozvoljenu vrednost za manje od 0.1 sekunde, relej neće reagovati. Kašnjenje releja je uvedeno zbog omogućavanja rada distribuiranih izvora u modu podrške mreži prilikom kvara (engl. *Low Voltage Ride Through - LVRT*). Nominalni napon faza-zemlja je napon mreže. U ovom istraživanju napon mreže je 4.16 kV, pa je fazni napon 2.4 kV. Zbog toga se relej podešava na donju granicu od 2.1 kV. Frekvencija sistema je 50 Hz ili 60 Hz. Logika rada prenaponskog releja se zasniva na istom principu kao kod podnaponskog releja samo on reaguje na porast napona preko 10% nominalnog. Podešavanje podnaponskog releja „U>>“ se postiže duplim klikom na box releja u modelu (slika 3). Podešavanje vremenskog kašnjenja je identično kao kod podnaponskog releja. Za podatke za ovu test mrežu, relej se podešava za gornju granicu napona od 2.7 kV. Frekvencija sistema je ista, kao ranije pomenuta.

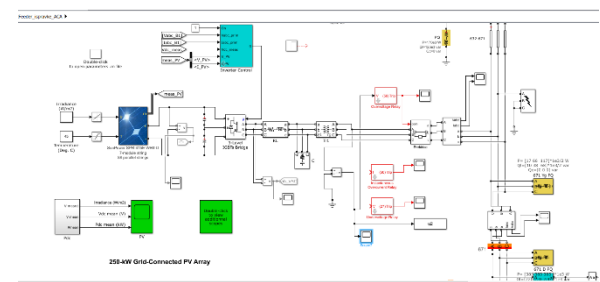
Relej za trenutnu prekomernu struju reaguje kada struja premaši unapred određenu vrednost. Relej reaguje i šalje nalog prekidaču za otvaranje ukoliko je struja u mreži veća od 25% dozvoljene vrednosti. U modelu se meri struja (Ampermetar se veže redno na vod u kom se meri struja, na ulaz ide „+“, a na izlaz „-“), a signal iz releja se dalje šalje na prekidač.



Sl. 1. MATLAB/Simulink model IEEE13-bus test mreže



Sl. 2. Model FN elektrane priključene na sabirnicu 671



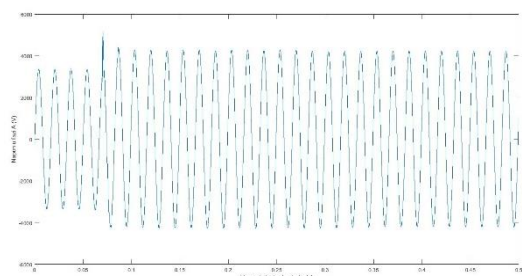
Sl. 3. Relejna zaštita u modelu IEEE 13-bus test mreže

4. REZULTATI SIMULACIJA

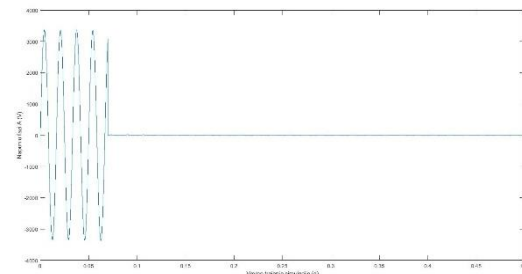
Početno stanje je mreža bez kvara, odnosno napon je sinusoidalnog oblika i bez izobličenja u skladu sa standardima kvaliteta električne energije [15]. U sklopu istraživanja, razmatrana su četiri slučaja, kada sistem radi bez relejne zaštite, rad podnaponskog releja, rad prenaponskog i rad prekostrujnog releja.

4.1. Simulacija 1: Rad bez relejne zaštite

Prvo je razmatran slučaj kada nije uključena (modelovana) relejna zaštita, što prikazuje kako će se kvarovi odraziti na napon u mreži. Simuliran je jednopolni kratak spoj u fazi „B“, a zatim trolpolni u sve tri faze lociran u blizini mesta priključenja FN elektrane. Na slikama 4 i 5 prikazan je odziv napona u fazi „A“ pre i tokom kvara. Kod jednopolnog kratkog spoja, došlo je do porasta napona u „zdravoj“ fazi „A“. Trolpolnim kratkim spojem pogođene su sve tri faze u mreži. Odziv napona u preostale dve faze je isti kao u posmatranoj fazi „A“.



Sl. 4. Napon faze „A“ nakon jednopolnog k.s. bez delovanja relejne zaštite



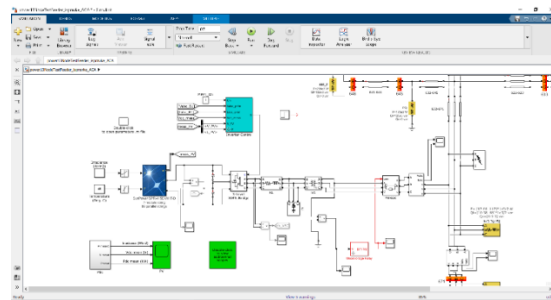
Sl. 5. Napon faze „A“ nakon trolpolnog k.s. bez delovanja relejne zaštite

4.2. Simulacija 2: Rad podnaponskog releja

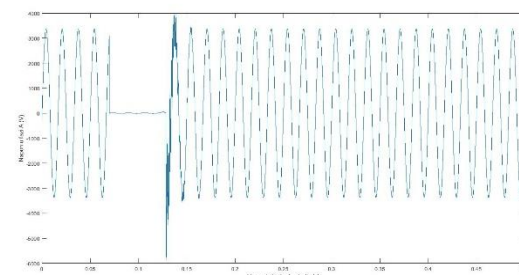
U drugom slučaju, simuliran je trolpolni kratak spoj i otvaranje prekidača korišćenjem podnaponskog releja. Kratak spoj je simuliran u blizini mesta priključenja FN elektrane. Releji je podešen da reaguje ukoliko napon padne više od 10% nominalne vrednosti. Na slici 6 prikazan je model releja i njegovo podešavanje, kao i lokacija kratkog spoja.

Odziv napona na mestu priključenja FN elektrane pre i tokom kvara, te nakon reagovanja podnaponskog releja prikazan je na slici 7. Nakon pojave trolpolnog kratkog spoja, dolazi do propada napona i reagovanja releja posle oko 130 ms. Po njegovom delovanju vidi se da je napon u mreži ponovo sinusnog oblika nominalne vrednosti. Dakle, prekidač se otvorio i mreža, koja je u kvaru, više ne utiče na kvalitet napona na izlazu FN elektrane.

Takođe, može se primetiti da se tokom kvara javlja i značajno izobličenje napona, koje se manifestuje pojavom kratkotrajne visoke harmonijske distorzije napona [9].



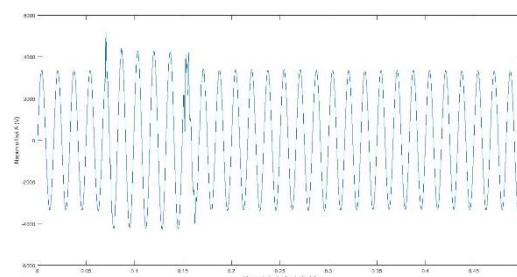
Sl. 6. Model trolpolnog kratkog spoja sa zemljom na priključku FN elektrane i podnaponskog releja u mreži



Sl. 7. Odziv napona na mestu priključenja FN elektrane pre i tokom kvara, te nakon reagovanja podnaponskog releja

4.3. Simulacija 3: Rad prenaponskog releja

U trećoj simulaciji, simuliran je jednopolni kratak spoj na mestu priključenja FN elektrane u mrežu i kako prenaponski relej daje nalog prekidaču. Slično kao u podpoglavlju 4.1, simuliran je jednopolni kratak spoj faze „B“ sa zemljom, a posmatran odziv u fazi „A“. Kao što je očekivano, opterećenje u preostale dve faze je poraslo, pa time i napon u fazi „A“, što je i pokazano na slici 8. Nakon prorade prenaponskog releja, napon se vraća na nominalnu vrednost.

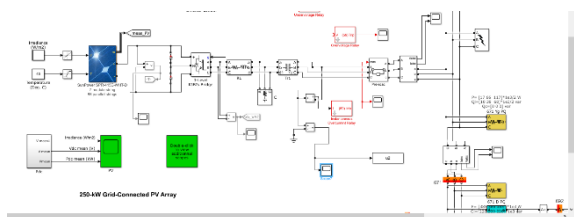


Sl. 8. Odziv napona na mestu priključenja FN elektrane pre i tokom kvara, te nakon reagovanja prenaponskog releja

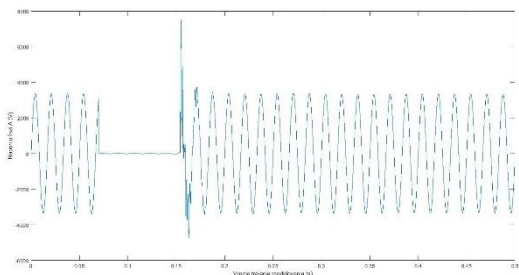
4.4. Simulacija 4: Rad prekostrujnog releja

U poslednjoj simulaciji, posmatran je prekostrujni relej i njegova uloga u zaštiti mreže. Modelovanjem relejne zaštite, koja kao mernu veličinu koristi struju, moguće je pokazati rad releja simuliranjem bilo kog kratkog spoja. Na slici 9 prikazan je model mreže sa prekostrujnim releom i mestom kvara. Ovde je odabran trolpolni kratak spoj sa zemljom, a odziv napona u fazi „A“ dat je na slici 10. Vidi se da je nakon delovanja prekostrujne zaštite sistem stabilan i spreman da se ponovo priključi na mrežu po otklanjanju kvara. Može se uočiti i dobro postavljanje relejne zaštite, odnosno dobra selektivnost (sposobnost relejne zaštite da izoluje samo element koji je pogođen

kvarom), kojom je prilikom kvara automatski isključen samo onaj deo sistema koji je u kvaru, dok je preostali deo, tj. solarna FN elektrana, ostala u pogonu.



Sl. 9. Model trolnog kratkog spoja sa zemljom na priključku FN elektrane i prekostrujnog releja u mreži



Sl. 10. Odziv napona na mestu priključenja FN elektrane pre i tokom kvara, te nakon reagovanja prekostrujnog releja

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je rad relejne zaštite u distributivnoj mreži sa obnovljivim izvorima, korišćenjem IEEE 13-bus test mreže. Mreža je modifikovana priključenjem FN elektrane i odgovarajuće relejne zaštite, a modelovana je u programskom okruženju Matlab/Simulink. Simulirani su različiti kvarovi i potvrđen rad modelovane relejne zaštite u slučaju pojave podnapona, prenapona i prevelikih struja.

6. LITERATURA

- [1] L. Freris and D. Infield, "Renewable Energy in Power Systems", Wiley, Chichester (U.K.), 2008.
- [2] V. Mijailović, „Distribuirani izvori energije – principi rada i eksploatacioni aspekti“, Akademska misao, Beograd, 2011.
- [3] H.L.R. van der Walt, R.C. Bansal, and R. Naidoo, „PV based distributed generation powersystem protection: A review“, *Renewable Energy Focus*, Vol. 24, Mar. 2018, pp.33-40.
- [4] D. Bekut, „Relejna zaštita“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1996.
- [5] M. Andreev, A. Suvorov, A. Askarov, A. Kievets, and V. Rudnik, „Impact of renewables on relay protection operation“, *Przeglad Elektrotechniczny*, Vol. 95, No. 12, 2019, pp.42-47.
- [6] A.M. Stanisavljević, V.A. Katić, B.P. Dumnić, and 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.
- [7] J. Toholj, V.A. Katić i A.M. Stanisavljević, „Modelovanje i analiza uticaja propada napona primjenom test mreža sa distribuiranim

generatorima“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, God.36, Br. 1, 2021, pp.123-126.

- [8] N. Lučić, V.A. Katić i A.M. Stanisavljević, „Simulacija propada napona u distributivnoj mreži sa obnovljivim izvorima energije“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, God. 37, Br.2, 2022, pp.262-265.
- [9] V.A. Katic and A.M. Stanisavljevic, „Smart Detection of Voltage Dips Using Voltage Harmonics Footprint“, *IEEE Trans. on Industry Applications*, Vol.54, No.5, Sep./Oct. 2018, pp.5331-5342.
- [10] V. Vidačić i V.A. Katić, „Uticaj obnovljivih izvora energije na propade napona u distributivnim mrežama“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, God. 36, Br.7, 2021, pp.1287-1290.
- [11] D. Stojišić, V.A. Katić i A.M. Stanisavljević, „Modelovanje i analiza kvaliteta napona u realnoj i test mreži“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, God. 37, Br.11, 2022, pp.1934-1937.
- [12] P. Perge, V.A. Katić, i A.M. Stanisavljević, „Ispitivanje uticaja obnovljivih izvora primenom test mreže“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, God. 36, Br.3, 2021, pp.480-483.
- [13] I. Vasić, V.A. Katić, i A.M. Stanisavljević, „Primena neuralnih mreža za detekciju propada napona na primeru rada test mreža“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, God. 36, Br.3, 2021, pp.436-439.
- [14] <https://www.mathworks.com/help/sps/ug/ieee-13-node-test-feeder.html>
- [15] V. Katić, „Kvalitet električne energije - viši harmonici“, Monografija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2002.

Kratka biografija:



Dušan Đuketić rođen je 1997. godine u Novom Sadu. Srednju školu – Gimnaziju Svetoazar Marković završio je u Subotici 2016. godine. Fakultet tehničkih nauka upisao je školske 2016/2017. godine. Na studijama se opredelio za smer Elektroenergetika – Elektroenergetski sistemi gde je i diplomirao 2021. godine Master studije upisao je 2021/2022 školske godine.



Aleksandar M. Stanisavljević rođen je u Beogradu 1988. god. Diplomirao je i odbranio master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, 2011. i 2012. god., respektivno. Od 2012. god. je na Fakultetu tehničkih nauka kao istraživač pripravnik. Na istom fakultetu, odbranio je doktorsku disertaciju 2019. god. gde je zatim izabran je u nastavno zvanje docenta.



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.

PROJEKTOVANJE UPRAVLJAČKE ELEKTRONIKE ZA CNC MAŠINU**CONTROL BOARD DESIGN FOR CNC MACHINE**Miljan Erić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je izložen proces projektovanja štampane pločice prema tačno definisanim zahtjevima koja predstavlja unaprijeđenje CNC mašine u pogledu upravljačke elektronike. Nakon projektovanja elektronike, pločica je izrađena, izvršen je proces lemljenja komponenti i testiranje cijelog sistema.

Ključne reči: Upravljačka elektronika, drajveri za koračne motore, projektovanje elektronske pločice

Abstract – This paper presents the process of designing printed circuit boards according to precisely defined requirements, which represents the improvement of the CNC machine in terms of control electronics. After the designing electronics, the circuit board was made, the components were soldered and system was tested.

Keywords: Control electronics, step-motor drivers, designing electronic board

1. UVOD

Projektovanje štampanih pločica iz dana u dan postaje sve značajnije. Podatak koji govori u korist tome jeste da je svjetsko tržište 2014. godine premašilo vrijednost od 50 milijardi dolara, a procjenjuje se da će do 2024. dostići preko 100 milijardi dolara. Štampana ploča (engl. *Printed Circuit Board*) je pasivna električna komponenta čiji je osnovni zadatak kreiranje veza između električnih komponenti (kondenzatori, otpornici, tranzistori itd.). Zadatak ovog rada bio je projektovanje upravljačke elektronike, koja u suštini predstavlja unaprijeđenje CNC mašine. Zahtjevi za projektovanje bili su strogo definisani, i bilo je neophodno proći kroz sve faze koje čine jedan proces. Suštinski čitav proces podrazumjeva definisanje zahtjeva, odabir ključnih komponenti u sistemu i njihovo pronalaženje na tržištu, zatim crtanje električnih šema i povezivanje u jednu veliku cjelinu (hijerarhijski šematik) a potom i kreiranje rasporeda komponenti i njihovo rutiranje. Za proces rutiranja pločice, idejno je zamišljeno da to budu četiri sloja, koji će omogućiti rasterećenje rutiranja tj. povezivanje komponenti i omogućiti da dimenzije pločice budu manje što je bitno iz praktičnih razloga ali i finansijskih jer sama cijena fabrikacije pločice se formira prema dimenzijama iste. Takođe nakon što je pločica izrađena, neophodno je bilo izvršiti proces lemljenja komponenti. Iako je bilo potrebno da komponente budu SMD (engl. *Surface mount device*), čitav sistem se sastoji

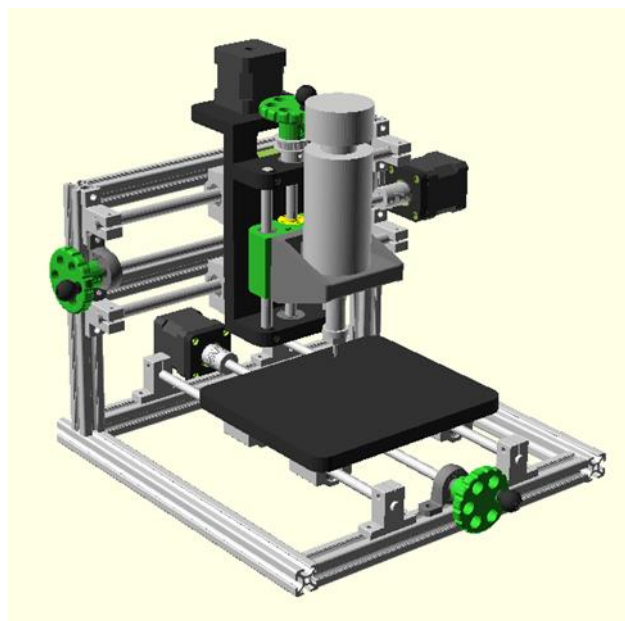
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Jovan Bajić, vanr. prof.

iz kombinacije SMD i TH (engl. *Through hole*) komponenti zbog nemogućnosti da se na tržištu pronađu iste. Nakon završenog procesa lemljenja, pristupljeno je testiranju, odnosno primjeni pločice na već postojeći sistem CNC mašine. Na mikrokontroler je spušten softverski paket GRBL, besplatan softver namijenjen upravljanju CNC mašinama.

2. POSTOJEĆI SISTEM I ZAHTJEVI ZA MODIFIKACIJU

Realizacija same mašine počela je naravno izradom, odnosno sklapanjem mašinske konstrukcije. CNC mašina je sastavljena u dekartovom koordinatnom sistemu, što podrazumjeva kretanje alata, odnosno obradnog motora u tri ose i to X, Y i Z. Na slici 1. prikazan je izgled sklopljenog uređaja sa montiranim koračnim motorima kao i obradnim motorom.



Slika 1. Izgled kompletno sklopljene mašine

Čitava konstrukcija sastoji se iz kako plastičnih dijelova odštampanih na 3D štampaču, tako i metalnih dijelova čime se dobilo na čvrstini i pouzdanosti mašine. Okvir mašine je sastavljen iz aluminijumskih profila namjenski isječenih u odgovarajućim dimenzijama. Pomjeranje obradnog motora moguće je po dvije ose, i to duž horizontalne ose X i vertikalne ose Z. Obradni motor se ne kreće po Y osi, već imamo situaciju da se materijal koji se obrađuje kreće u odnosu na obradni motor. Kretanje po osama se vrši preko pogonskih koračnih motora i navojnog vretena koje garantuje precizan korak, dok linearna vodica ima ulogu da preuzme svo opterećenje koje bi u suprotnom bilo

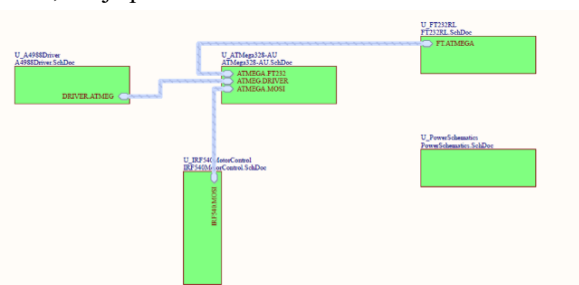
na navojnom vretenu, što nikako ne bi bilo prihvatljivo. Prije početka samog projektovanja, neophodno je bilo dobro definisati osnovne zahtjeve koje je prilikom projektovanja bilo potrebno ispuniti. Neophodno je projektovati pločicu koja mora da sadrži kontroler koji upravlja drajverima koračnih motora kao i uključivanjem odnosno isključivanjem obradnog motora (engl. *ON-OFF regulation*) ostalim potrebnim periferijama koje mogu biti naknadno dodane putem digitalnih ili analognih pinova. Potrebno je koristiti *SMD* (engl. *Surface Mount Device*) komponente u što je moguće većem procentu. Ovaj procenat definitivno je bio uslovljen zadatkom projekta ali i trenutnim stanjem na tržištu, jer nekih komponenti nije bilo na stanju. Potrebno je implementirati i neki od stabilizatora napona. Dakle bilo je potrebno odabrati neki od *LDO* stabilizatora napona u skladu sa definisanim parametrima od strane motora u pogledu nazivne struje i napona. Bitno je navesti da je bilo govora i o projektovanju prekidačkog napajanja, međutim kasnije se došlo do zaključka da za to nema neke pretjerane potrebe, a da unosi dosta složenosti u proces izrade pločice i nepotrebno povećanje dimenzija pločice.

Neophodno je koristiti *SMD* drajver za koračni motor ali prije toga treba odabrati koji će to drajver biti, koji će kasnije biti direktno zalemljen na pločicu sa svim njegovim dodatnim komponentama, dakle bez korišćenja moduskog drajvera za koračni motor. Potrebno je naći način da se ostvari „uključiti-isključiti“ regulacija motorom koji može raditi potencijalno višim naponima u zavisnosti od potrebe, čak do 50V. Kako je bilo potrebno postaviti snažni mosfet čiji prag nije mogao kontrolisati digitalni pin kontrolera, bilo je neophodno smisliti način i testirati kolo koje će upravljati istim.

Komunikacija sa računarom se ostvaruje preko *USB* kablja, i samim tim neophodno je na pločici koristiti ženski *USB-A* konektor u kombinaciji sa *FT232RL* čipom. Nakon projektovanja šematika, potrebno je izvršiti raspoređivanje komponenti (engl. *Layout*) kao i podešavanja vezana za opcije slojeva (engl. *Stackup*). Zatim je potrebno sprovesti rutiranje pločice u četiri sloja.

3. ELEKTRIČNA ŠEMA UPRAVLJAČKOG SISTEMA

U okviru ovog poglavlja biće predstavljene sve električne šeme koje čine ovaj rad. U nastavku će svaka električna šema biti predstavljena ponaosob i biće više riječi o svakoj od njih. Šeme su namjenski podijeljeni u 5 cjelina od kojih svaka čini jedan funkcijski dio [1], ali naravno u glavnom šematskom prikazu su sve one povezane u jednu cjelinu, što je prikazano na slici 2.



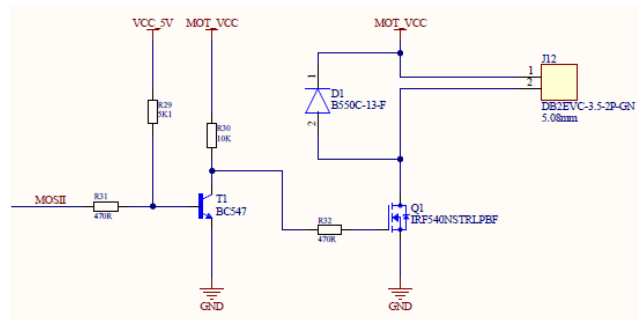
Slika 2. Glavni šematski prikaz

Sa slike se vidi da u čitavom radu postoji 5 dijelova ukupne električne šeme rada. Svaka od njih ima zadatak da obradi drugu funkcionalnost, pa tako postoji šematič koji se bavi drajverskim kolom, odnosno šematskim prikazom i svim ostalim pojedinostima vezanim za kolo A4988 [2].

Druga el. šema se tiče mikrokontrolera koji je korišten a to je kao što i sam naziv šeme govori *ATMEGA328 – AU*. Treća el. šema se tiče napajanja odnosno linearnog regulatora napona, dok četvrta ima namjenu da omogući komunikaciju sa računarom preko *FT232RL* čipa i ženskog tipa *USB-a*. Posljednja el. šema se bavi uključiti – isključiti (engl. *ON-OFF regulation*) regulacijom obradnog motora. U nastavku će biti više riječi o svakoj električnoj šemi ponaosob.

3.1. Elektronska kontrola obradnog motora

Pošto na *CNC* mašini, odnosno njenoj *Z* osi imamo obradni motor koji vrši veoma bitnu funkciju, odnosno pokreće obradni alat u skladu s namjenom, neophodno je omogućiti kontrolu, odnosno mogućnost uključivanja i isključivanja istog. Najjednostavnija varijanta podrazumjevala bi kontrolu putem jednog od digitalnih priključaka, međutim pošto naponski nivo digitalnog priključka na visokom nivou nije dovoljan da uključi snažni mosfet *IRF540N* bilo je neophodno dodati jedan stepen ispred koji će podići naponski nivo upravljanja. Na slici 3 prikazano je jedno od mogućih rješenja ovog problema.



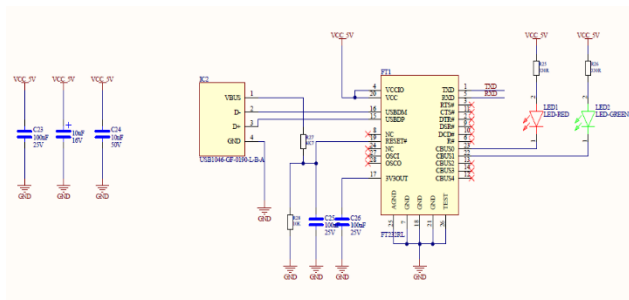
Slika 3. Električna šema za kontrolu uključivanja i isključivanja obradnog motora

Svaka komponenta na šematskom prikazu je označena svojom šematskom oznakom (engl. *Designator*), pa će se u skladu sa tim i na taj način pozivati na pojedine komponente. Klema konektor označena sa *J12*, predstavlja priključnicu na koju se vezuje obradni motor, dok dioda *D1* predstavlja zamajnu diodu koja je neophodna zbog induktivne prirode obradnog motora.

Na mjesto diode iskorišćena je šotkijeva dioda (engl. *Schottky*) *SB560*. Kolom upravlja snažni mosfet (engl. *MOSFET*) *IRF540N* čiji je drejn vezan na anodu diode i minus kraj priključnice. Vidimo da uključivanjem mosfeta upravlja digitalni priključak označen labelom *MOSII*, to je u digitalni priključak mikrokontrolera koji preko bipolarnog tranzistora upravlja istim. Kada tranzistor *BC547* vodi, mosfet je isključen odnosno isključen je obradni motor, analogno tome, kada je tranzistor isključen, tada je obradni motor u aktivnom stanju.

3.2. Komunikacija sa računarom putem *FT232RL*

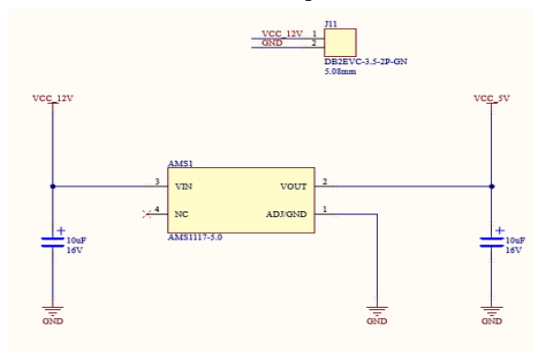
Samo upravljanje koračnim motorima vrši mikrokontroler, međutim neizostavan je korak u kojem se G – kod, odnosno instrukcije dostavljaju do kontrolera. To se vrši komunikacijom između računara i kontrolera, i za to se koristi USB (engl. *Universal serial bus*) kabl koji se kasnije uključuje u ženski USB priključak, a zatim preko FT232RL čipa [3] informacija putuje do kontrolera. Na slici 4. prikazana je električna šema zadužena za rješavanje ovog problema.



Slika 4. Električna šema FT232RL čipa

3.3. Električna šema napajanja

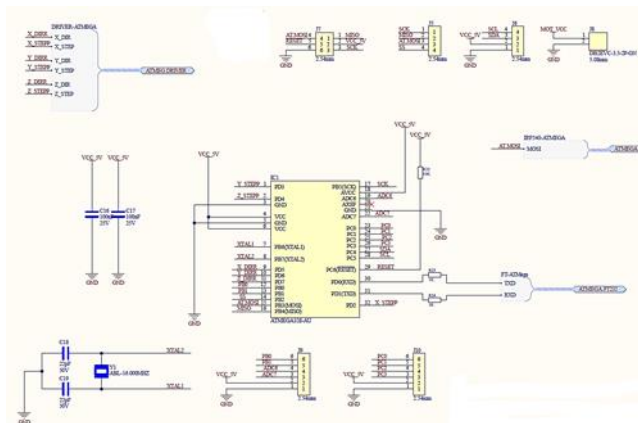
Slika 5. ilustruje rješavanje problema napajanja. Problem napajanja sveo se na upotrebu linearnog regulatora napajanja *AMS1117 5.0* koji je namjenjen za slučaj kada je potreban stabilisani izlazni napon od 5V.



Slika 5. *Električna šema linearnog regulatora*

3.4. Električna šema povezivanja kontrolera

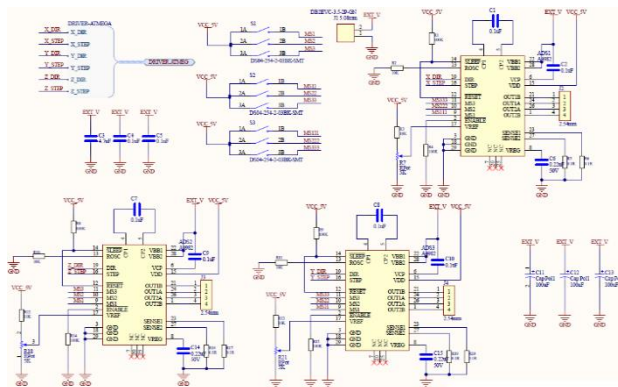
Glavni uslov koji je kontroler morao da ispuni bio je svakako da podržava softverski paket *GRBL*, i naravno da bude dostupan na tržištu odnosno lako dobavljiv u *SMD* varijanti. Na slici 6. je prikazana električna šema vezivanja kontrolera *ATMega328-AU* [4].



Slika 6. *Električna šema vezivanja mikrokontrolera*

3.5. Električna šema dražerskega kola A4988

Električna šema prikazana na slici 7. sastoji se iz tri drajverska kola jer CNC mašina korišćena u ovom radu ima 3 pokretne ose. Takođe potrebno je bilo izvršiti povezivanje drajverskih kola sa mikrokontrolerom.

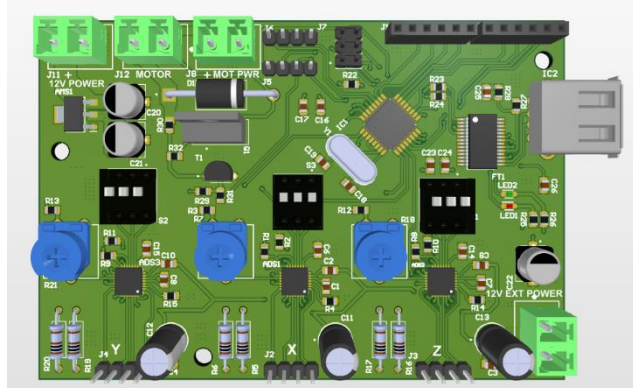


Slika 7. Električna šema vezivanja dražerskih kola

Izlazi *OUT1B*, *OUT2B*, *OUT1A*, *OUT2A* za svaki od tri koračna drajvera su izvedeni na muške ljestvice preko kojih se oni vezuju na koračne motore i na taj način vrši upravljanje.

4. PROJEKTOVANJE I IZRADA ŠTAMPANE PLOČICE

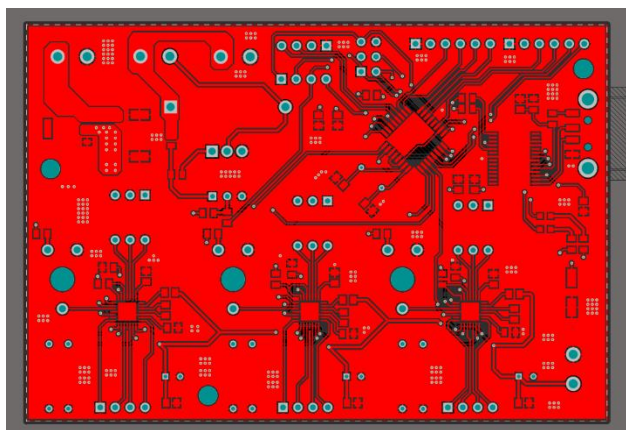
Nakon uspješno završene faze projektovanja električnih šema čitavog sistema, potrebno je bilo kreirati izgled štampane pločice, raspored komponenti ali i proces povezivanja komponenti tj. rutiranja. Na slici 8. prikazan je 3D model štampane pločice.



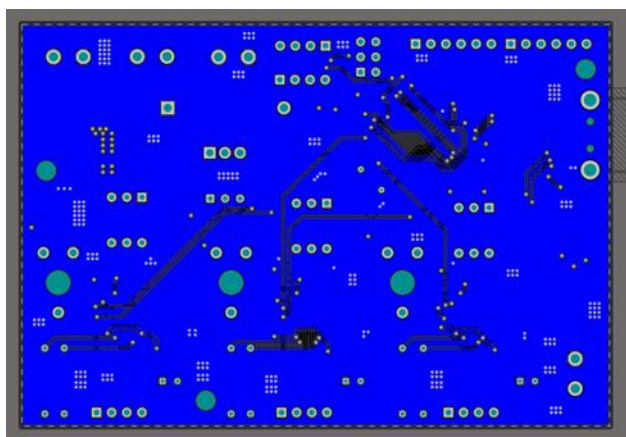
Slika 8. 3D *model štampane pločice*

Svakoj komponenti pridružen je njen 3D model koji je izuzetno koristan iz više razloga. Pošto se sistem sastoji iz komponenti *SMD* i *TH* tipa, veoma je praktično da se može provjeriti da li se komponente uklapaju na dobar način i kako će sama pločica izgledati u stvarnosti. Takođe ukoliko je pločica dio nekog većeg sistema, moguće je izvršiti provjeru njenog uklapanja odnosno povezivanja sa ostatkom sistema.

Pločica je izrađena u četiri sloja, gdje su dva sloja rezervirani za signalno povezivanje, dok su druga dva namijenjena za napajanje. Većina signala provedena je u gornjem sloju (engl. *Top Layer*) kako bi se donji sloj (engl. *Bottom Layer*) što više rasteretio, i na svakom od njih postoji poligon mase. Na slikama 9. i 10. prikazani su gornji i donji sloj rutirane pločice.

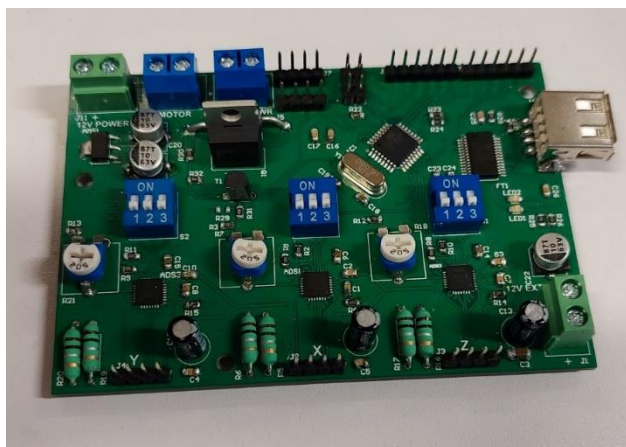


Slika 9. Gornji sloj štampane pločice



Slika 10. Donji sloj štampane pločice

Na slici 11 prikazan je finalni izgled pločice nakon završenog postupka projektovanja, fabrikacije pločice kao i postupka lemljenja komponenti na istu.



Slika 11. Finalni izgled štampane pločice

5. ZAKLJUČAK

U postavci zahtjeva ovog rada, jasno su definisani zahtjevi za razvoj odnosno projektovanje pločice. Bilo je neophodno proći kroz sve faze koje su standardne za proces projektovanja štampane pločice, počevši od odabira ključnih komponenti, zatim izrade električnih šematika a potom i rasporeda i povezivanja električnih komponenti na štampanoj ploči.

Prednost nove upravljačke pločice u odnosu na staru verziju upravljačke elektronike je očigledna i najviše se ogleda u tome što ona ima na sebi sve elemente koji su integrisani, odnosno nema module koji se uključuju naknadno, već čitava njena funkcionalnost je podržana od integrisanog sistema koji je čini.

6. LITERATURA

- [1] Modularni dizajn u *Altium Designer-u*:
<https://resources.altium.com/p/taking-a-modular-pcb-design-approach-in-altium-designer> (pristupljeno u maju 2023.)
- [2] Drajver za koračne motore – A4988:
https://www.pololu.com/file/0J450/a4988_DMOS_mi_crostepping_driver_with_translator.pdf (pristupljeno u aprilu 2023.)
- [3] FT232RL:
https://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT232R.pdf (pristupljeno u maju 2023.)
- [4] Mikrokontroler *ATMega328P* – AU:
https://eu.mouser.com/datasheet/2/268/ATmega48A_PA_88A_PA_168A_PA_328_P_DS_DS40002061B-3050139.pdf (pristupljeno u aprilu 2023.)

Kratka biografija:



Miljan Erić rođen je u Zvorniku 1999. godine
 Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva –
 Primjenjena elektronika odbranio je 2022.god.
 kontakt: miljan.eric3@gmail.com

AUTOMATIZACIJA PROCESA MEHANIČKOG SPAJANJA METALNIH SEGMENTATA
AUTOMATION OF THE PROCESS OF MECHANICAL RIVETING

Mladen Jančić, Vladimir Popović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu analiziran je proces industrijske automatizacije mehaničkog spajanja metalnih segmenata. Sistematska automatizacija postala je jedna od glavnih tema vezanih za poslovanje i šira ekonomska pitanja. Sa naprednim razvojem tehnologije u drugoj polovini 20. veka i početkom 21. veka, nalazi se poslovni svet koji sve više eliminiše tradicionalne uloge radnika u zamenu za sve više automatizovanih poslovnih procesa. Robotizovani industrijski uređaji zamenjuju radnike u velikom broju ili skoro u potpunosti čime se uvećava efikasnost proizvodnog procesa.

Ključne reči: industrijska automatizacija, PLC, spajanje metalnih segmenata;

Abstract –In this paper, the application of automation in industry is analyzed in the example of the process of mechanical joining of metal segments. Systematic automation has become one of the main topics related to business and broader economic issues. With the advanced development of technology in the second half of the 20th century and the beginning of the 21st century, there is a business world that is increasingly eliminating the traditional roles of workers in exchange for more and more automated business processes. Robotized industrial devices replace workers in large numbers or almost completely enhancing the production process efficiency.

Keywords: industrial automation, PLC, riveting;

1. UVOD

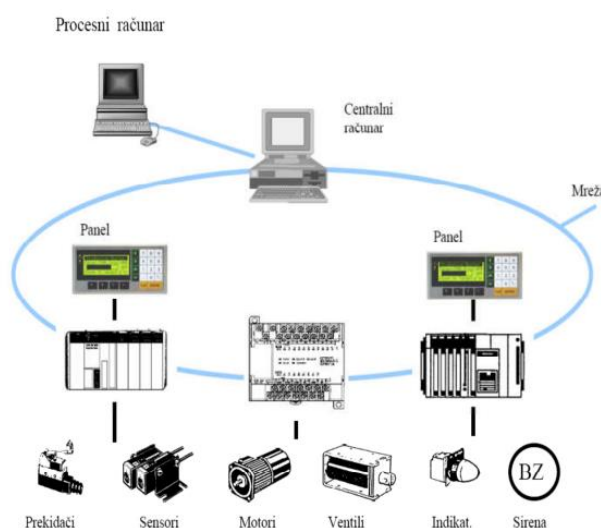
Uopšteno, sistem upravljanja u elektrotehnici čini skup elektronskih uređaja i opreme koji obezbeđuju stabilnost, tačnost i eliminaciju štetnih prelaznih stanja u proizvodnim procesima. Programabilni logički kontroler (PLC) može se definisati kao mikroračunar zasnovan na kontroleru koji koristi uskladištene instrukcije u programabilnoj memoriji u cilju implementacije logike, redosleda, tajminga, brojanja i aritmetičkih funkcija kroz digitalne ili analogne ulazno/izlazne (I/O) module, za kontrolu mašina i procesa, prikazano na Slici 1.

Postoje značajne prednosti upotrebom PLC-a nego konvencionalnih releja, tajmera, brojača i drugi žičanih komponenti za kontrolu. Te prednosti uključuju [1]:

- programiranje PLC-a je lakše nego ožičenja kontrolnog panela releja;

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio docent dr Vladimir Popović.



Slika 1. PLC i ostale komponente

- PLC može da se reprogramira, a dok kod konvencionalne kontrole mora da se obavlja novo ožičenje ili da se menja kompletan panel;
- PLC zauzima mnogo manje prostora nego relejni kontrolni paneli;
- pouzdanost je veća, a održavanje je jednostavnije;
- PLC može biti povezan sa računarskim sistemima lakše od releja
- PLC može da obavlja više različitih funkcija kontrole nego što to može relej.

2. TEORIJA AUTOMATIZACIJE

Automatizacija je tehnologija koja se odnosi na primenu mehaničkih, elektronskih i računarskih sistema u radu i upravljanju proizvodnjom. Automatizacija se uvodi radi :

- povećanje radne produktivnosti,
- smanjenje troškova radnika,
- otklanjanje radnih nedostataka radnika,
- smanjenje rutinskih kancelarijskih i fizičkih poslova,
- unapređenje bezbednosti radnika,
- unapređenje kvaliteta proizvoda,
- optimizacija vremena proizvodnje,
- realizacija teško izvodljivih operacija.

Automatizacija uključuje [2]:

- računarske sisteme za planiranje, prikupljanje podataka i odlučivanje u proizvodnji,

- upravljanje sa povratnom spregom i računarsko upravljanje procesom,
- automatske sisteme pregleda za kontrolu kvaliteta,
- automatske sisteme unutrašnjeg transporta i skladištenja,
- industrijske robote,
- automatske mašine alatljike za obradu delova,
- automatske montažne mašine.

Robotska automatizaciju procesa predstavlja primenu tehnologije, vođenu poslovnom logikom i strukturiranim ulazima, usmerenu na automatizaciju poslovnog procesa, a sredstva koja robotska automatizacija procesa pruža preduzeću mogu koristiti od strane tog istog preduzeća za konfigurisanje softvera, odnosno robota, koji sam prikuplja i tumači aplikacije za obradu radnji, podataka, transakcija, odgovora i komunikaciju sa ostatkom sistema. Robotska automatizacija procesa je u nekom smislu, onaj koji se najviše vidi u poslu. Sam koncept se efektivno oslanja na taj način rada u kojem se sve više osnovnih radnji koje se ponavljaju, odnosno pojedinačni delovi poslovnog procesa, zamenjuju potpuno automatizovanim „radnikom“, čiji rad isključuje ljudsku ulogu iz posla u slučaju generičkog radnje.

Pametne fabrike se mogu opisati kao industrijska postrojenja koja su, kroz međusobno povezane sisteme, u stanju da kombinuju i sastave kontekstualno osetljive odgovore na zahteve za pomoć u radu osoblja i mašina. U stvari, „pametna fabrika“ je tradicionalni fabrički pogon u kome se sistemsko upravljanje, odnosno pružanje podrške i nadzora procesa integriše na sveobuhvatnom nivou kroz informacioni sistem

U okviru kognitivnog računarstva nalazi se specijalizacija dizajna veštačke inteligencije u oblasti upravljanja znanjem, gde se veštačka inteligencija koristi za obavljanje prilagođene masovne obrade podataka, prepoznavanja obrazaca i analize, prepoznavanja i replikacije karakteristika ljudskog jezika, sve sa ciljem stvaranja veštačke inteligencije koja je sposobna ne samo da reaguje na promene situacije, već i da može da donosi poslovne odluke na nivou cele organizacije.

Agresivna primena kognitivnog računarstva takođe ima veliki uticaj na postojeću ekonomiju, što on opisuje kao poremećaj izazvan kognitivnim računarstvom. Ovo se prvenstveno odnosi na uticaj automatizacije na lako automatizovane poslove. Aktivnosti kao što su vožnja motornih vozila, pružanje pravnih usluga i zdravstvena zaštita su u opasnosti od značajnih radikalnih promena kao rezultat primene kognitivnog računarstva u upravljanju.

Pretpostavlja se da je u ovim oblastima udeo odgovornosti za aktivnosti pojedinih radnih mesta prenet na automatizovane sisteme u rasponu od 35% do 50%. U osnovi, poput masovne implementacije automatizacije, uvođenje veštačke inteligencije ili kognitivnog računarstva u procese upravljanja znanjem može kritično da promeni stanje organizacije. Od suštinskog je značaja da dizajneri sistema i menadžment pravilno analiziraju uticaj automatizacije i naprave ispravnu procenu koja

može predvideti kako veštačka inteligencija u upravljanju znanjem može zapravo da promeni ponašanje organizacije koju posmatraju, [3].

3. MEHANIČKO SPAJANJE METALNIH DELOVA - RIVETOVANJE

Proučavanje procesa pričvršćivanja i spajanja je složeno, ali vredno proučavanja zbog ekonomskih, strukturalnih, pouzdanih, sigurnosnih i strukturnih prednosti koje se mogu postići. To je takođe područje studija koje se stalno menja i stalno napreduje. Za uspešno spajanje dijelova i formiranje sklopa moraju se izvršiti četiri primarna zadatka [4]:

- Položaj dijelova jedan u odnosu na drugi. Površine moraju biti u kontaktu kako bi se uklonili svi stupnjevi slobode između dijelova osim onih koji se uklanjaju završnim elementima zaključavanja. Lokacija nije dovršena sve dok dio nije u potpunosti ograničen s obzirom na trenutke i prijevode.

- Prijenos servisnih opterećenja preko sučelja sklopa. To su obično iste značajke koje se koriste za oblikovanje lokacije, ali ne moraju biti. Međutim, moraju imati dovoljnu čvrstoću i krutost za prijenos opterećenja.

- Ako je potrebno, tolerancija dijelova i varijabilnost proizvodnje između dijelova moraju se apsorbirati upotrebom podmetača ili značajki usklađenosti. Ovo nije potrebno u svim sklopovima.

- Dodavanje značajki za zaključavanje kao što su zasuni za završetak međusobnog povezivanja dijelova.

Razlozi za odabir mehaničkog pričvršćivanja umesto zavarivanja mogu biti:

1. Jednostavnost zamene delova, popravka ili održavanje,
2. Jednostavnost izrade,
3. Dizajni koji zahtevaju pomične spojeve,
4. Dizajni koji zahtevaju podesive spojeve.

4. OPIS POGONA ZA PROCES MEHANIČKOG SPAJANJA METALNIH SEGMENTA

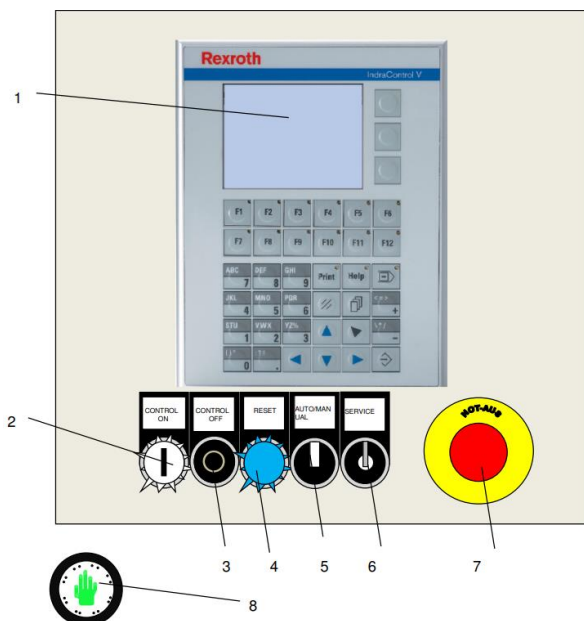
U okviru ovog poglavlja prikazaće se rad PLC kontrolera u okviru automatizovanog, robotizovanog procesa mehaničkog spajanja segmenata (*engl. mechanical riveting*), u kompaniji „Bosch“ koja se nalazi u Šimanovcima. Izgled radne stanice automatizovanog, industrijskog sistema za spajanje metalnih delova prikazan je na Slici 2.



Slika 2. Radna stanica automatizovanog, robotizovanog sistema za rivetovanje kompanije „Bosch“ u Šimanovcima

4.1. Glavni panel za upravljanje procesom

Na slici 3 je prikazan opis kontrolera procesa, frekventnog pretvarača „Rexroth“ koji je razvila kompanija „Bosch“ u svrhe električne aktuacije robotizovanog sistema



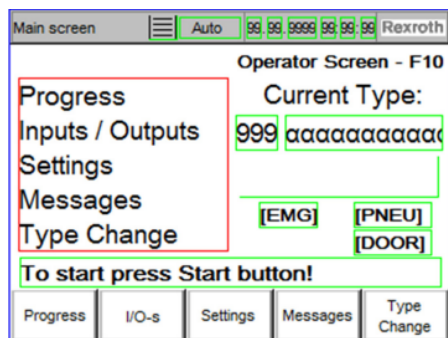
Slika 3. Opis kontrolnog panela za upravljanje procesom

Brojevi označeni na slici predstavljaju:

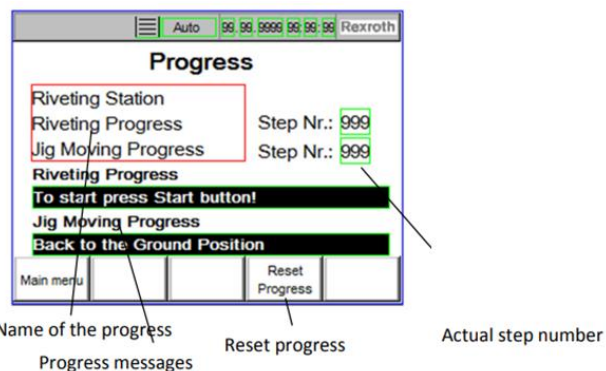
- Brojem 1 je označena radna jedinica (Rexroth IndraControl VCP 08 operating unit),
- Brojem 2 je označeno uključivanje kontrole (CONTROL ON white, push-button light),
- Brojem 3 je označeno isključivanje kontrole (CONTROL OFF black push-button),
- Brojem 4 je označeno dugme za resetovanje (ponavljanje) (RESET blue, push-button light),
- Brojem 5 je označeno dugme za automatsko (manuelno/ručno) uključivanje kontrole (AUTO/MANUAL dual-position select switch),
- Brojem 6 je prikazano dugme za servis (SERVICE key dual selector switch),
- Brojem 7 je označeno dugme za hitno zaustavljanje (EMERGENCY-STOP dual- position, ratchet push-button)
- Brojem 8 su prikazani tasteri za pokretanje postupka (Process start touchkeys).

4.2. Sistem menija stanice za rivetovanje

Nakon uključivanja stanice, korisnik će videti ekran prikazan na slici 4.

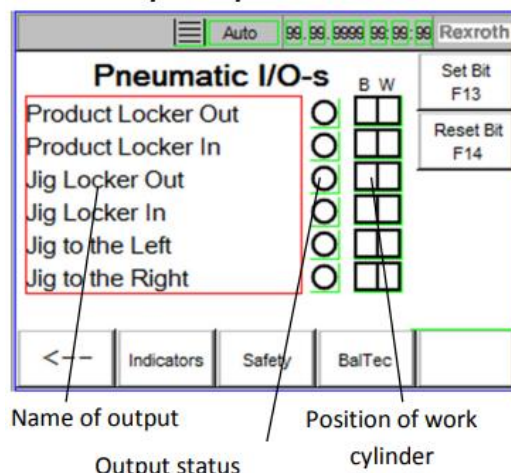


Slika 4. Glavni meni stanice za rivetovanje



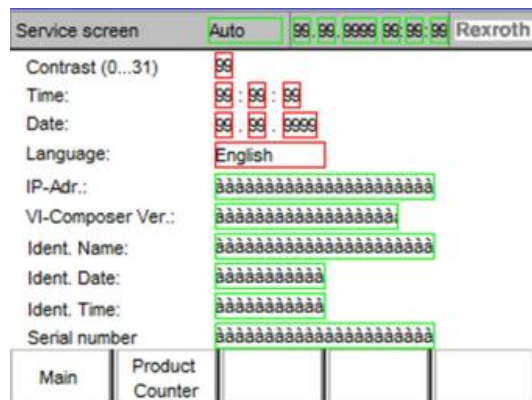
Slika 5. Koraci procesa

Na Slici 5 prikazani su svi relevantni koraci procesa, kao i izgled stanja procesa u početnoj fazi rivetovanja i pomeranja sistema.



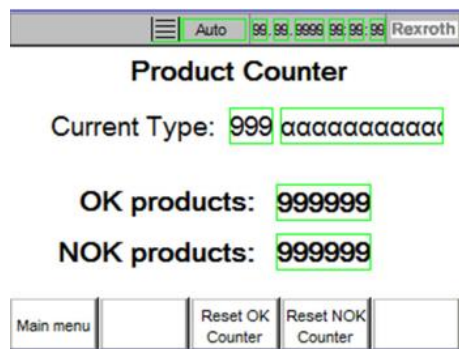
Slika 6. Ulazi/Izlazi

Slika 6 daje uvid u stanja pneumatskih ulazno-izlaznih pinova od interesa u toku procesa rivetovanja, dok je na Slici 7 dat prikaz servisnog ekrana za podešavanje jezika, kontrasta ekrana, vremena i datuma, IP adrese...

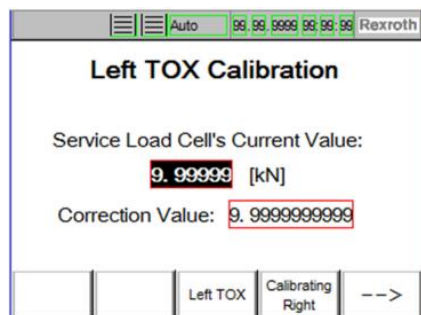


Slika 7. Servisni ekran za podešavanje

Kontroloru procesa je obezbeđeno praćenje broja uspešno zakovanih metalnih segmenata (labela *OK products*) kao i brojčano stanje škart delova (labela *NOK product*), prikazano na Slici 8. Ukoliko postoji potreba za rekalkulacijom sile koja se koristi za deformaciju riveta, koristi se panel sa Slike 9, sa poljem za unos sile u kN.



Slika 8. Brojci za proizvode – zakovane metalne segmente

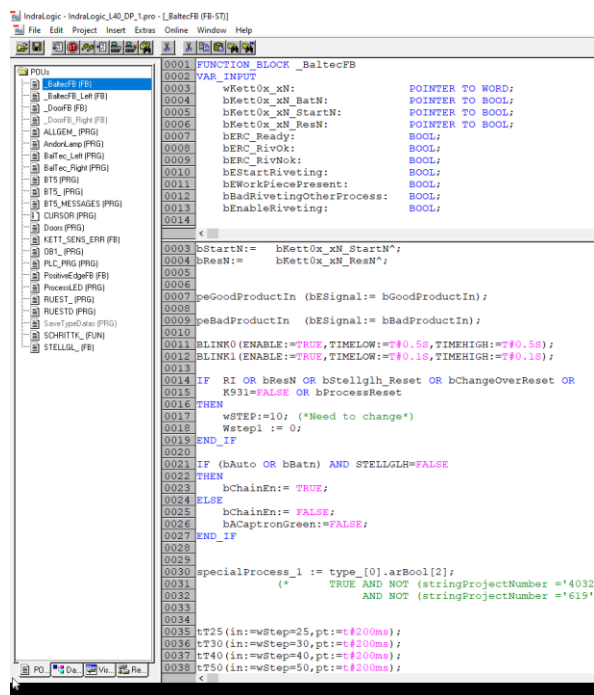


Slika 9. Kalibracija sile pritiska

5. PROGRAMIRANJE PLC

U svrhe programiranja konkretnog PLC sistema, koristi se specijalizovano softversko okruženje IndraWorks.

U okviru ovog okruženja, razvija se tekstualni kod koji obezbeđuje visoku fleksibilnost prilikom programiranja i manipulacijom resursa PLC-a. Okruženje dodatno omogućuje i grafičko podešavanje hardvera sistema, čime se olakšava proces inicijalizacije programa. Primer odsečka programskog koda za proces rivetovanja je prikazan na Slici 10.



Slika 10. Programiranje u softverskom okruženju IndraWorks

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu analizirana je primena PLC-a u okviru automatizovanog, robotskog sistema u procesu spajanja metalnih delova, tzv. rivetovanja. Automatizacija procesa mehaničkog spajanja metalnih segmenata predstavlja značajan korak ka povećanju efikasnosti i preciznosti proizvodnje. Ovaj proces obuhvata primenu različitih tehnika i tehnologija kako bi se osiguralo pouzdano i dosledno spajanje metalnih segmenata.

7. LITERATURA

- [1] Pfeiffer S., Robots, Industry 4.0 and Humans, or Why Assembly Work is More Than Routine Work, Academic Editors: António B. Moniz and Bettina-Johanna Krings, 25 February 2016; Accepted: 25 April 2016; Published: 3 May 2016
- [2] Aralica Z., Koncept pametne proizvodnje kao rezultat difuzije naprednih digitalnih tehnologija, 21. Konferencija RiM - zbornik znanstvenih radova; stranica 51 – 62, Pregledni znanstveni rad, 2020
- [3] Radaković N., Čosić I.: Osnove proizvodnih i uslužnih tehnologija, Radni materijal predavanja iz predmeta, FTN - Industrijsko inženjerstvo i menadžment, Novi Sad, 2007.
- [4] Kulak G., Fisher J., Struik J.: Guide to Design Criteria for Bolted and Riveted Joints – Second Edition, American Institute of Steel Construction, Chicago IL 60601, 2002.

Kratka biografija:

Mladen Jančić rođen je u Šapcu 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2023.god.

UTICAJ TESTIRANJA NA KVALITET I ROBUSTNOST SOFTVERA

TESTING INFLUENCE ON QUALITY AND ROBUSTNES OF SOFTWARE

Lazar Vučković, Vladimir Rajs, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu, predstavljen je proces razvoja softvera i test okruženja čiji je cilj pronalaženje defekata i poboljšanje kako kvaliteta tako i robustnosti razvijenog softvera. Prilikom testiranja korišćeno je više test nivoa kako bi se otkrili potencijalni defekti u svim fazama razvoja. Prilikom razvoja softvera korišćen je V model.

Ključne reči: Softverska arhitektura, Unit test, Integracioni test, Sistem test

Abstract – In this paper, proces of software development and testing enviroment is presented, with the aim of finding defects, improvement of software quality and robustnest. In testing phase, several test levels were implemented, in order to find potential defects in all development phases. In proces of software development V-model is used.

Keywords: Software architecture, Unit test, Integration test, System test

1. UVOD

U eri ekspanzije programabilnih digitalnih komponenti, mikrokontrolera, mikropocesoru, pametnih uređaja, značaj softvera dramatično raste. Tehnološki napredak koji prati današnje društvo zasniva se na svakodnevnom inovacijama koje imaju za cilj poboljšanje životnog standarda.

Tipičan primer ove ekspanzije jeste razvoj automobilske industrije gde se broj inovacija povećava sa svakim novim modelom automobila. Da bi se neka od inovacija sprovela u delo, neophodno je pored hardverskog osmisliti i softversko rešenje. Tada softver postaje proizvod za sebe koji treba dizajnirati, implementirati i testirati.

Ako se testiranju pristupi temeljno i u što ranijoj fazi razvoja, nepravilnosti na koje se nailazi biće lakše i jeftinije ukloniti. Zbog efikasnosti pri uklanjanju defekata u ranoj fazi razvoja, u praksi se paralelno pristupa razvoju test okruženja sa razvojem softvera.

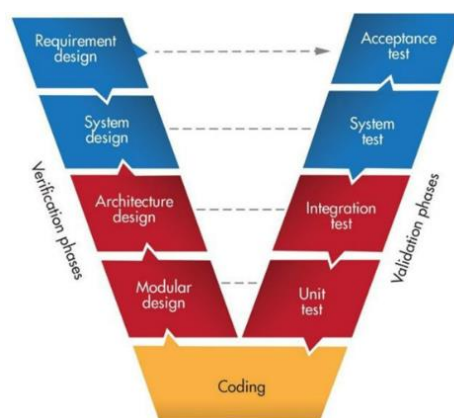
U želji za nastajanjem optimalnog rešenja, stvoreni su modeli koji su bili ili su još uvek opšte prihvaćeni, a neki od njih su *waterfall* (vodopad), *V* (V), *SDCL*, *Agile* (agilni), *Incremental* (inkrementalni) model...

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Rajs, vanr. prof.

2. V model

Predstavljen je 1980-ih godina i predstavlja grafičku reprezentaciju razvoja softvera, a trenutno je najzastupljeniji model u okviru automotiv industrije. Ime ovog modela potiče od reči validacija i verifikacija, a formacija faze razvoja predstavljena je latiničnim slovom v. Ovaj model predstavlja sekvencijalni proces kod kog se neka od faza može izvršiti samo u slučaju da je prethodna završena.



Slika 1. Grafički prikaz V modela

3. Test tehnike

Tokom kreiranja test plana, a pre početka pisanja testova, neophodno je odlučiti, na osnovu funkcionalnosti koju testiramo, koju test tehniku želimo da primenimo. Nisu sve tehnike primenljive na svim test nivoima ili ne pružaju najefikasnije rešenje.

Da bi se pronašlo što je moguće više defekata, u praksi se veoma često pristupa kombinovanju tehnika. Tehnike koje se koriste u praksi su *Black box*, *White box* i iskustveni pristup testiranju.

3.1 Black box

Black box tehnike podrazumevaju testiranje softvera ne znajući ništa o strukturi koda. Testovi koji se oslanjaju na korišćenje ove tehnike, koriste se za ispitivanje ponašanja sistema.

Testovi se pišu prema specifikacijama koje opisuju kako će sistem reagovati na osnovu ulaznih signala i koji su očekivani rezultati.

U *black box* tehike spadaju *Equivalence partition*, *Boundary value analysis*, *Decision table*, *State transition* i *Use case* tehnika.

3.2 White box

White box testiranje se fokusira na strukturu softvera i zahteva poznavanje programskog jezika u kome je pisan kod. Ove metode testiranja se koriste u slučaju provere arhitekture, dizajna i implementacije. White box tehnike mogu biti *Control flow*, *Data flow*, *Statement coverage*, *Decision coverage*, *Branch testing* i *Path testing* tehnika.

3.3 Iskustven pristup testiranja

Ovaj način testiranja oslanja se na iskustvo, znanje i intuiciju testera. Ovakvo testiranje podrazumeva poznavanje softvera kao, a i njegove slabe tačke. Testovi se kreiraju na osnovu predašnjeg iskustva i intuicije. Ova tehnika je komplementarna tehnika.

Test tehnike koje se baziraju na iskustvu su Error guessing, Checklist based, Exploratory testing i Fault Attack testiranje.

4. TEST NIVOI

Prilikom testiranja sistema, a naročito kompleksnih sistema, testiranje se deli na nivoe. U većini slučajeva koriste si tri do četiri test nivoa pri validaciji i to *Unit*, integracioni, sistemski i *Acceptance* testovi.

4.1 Unit test

Unit, odnosno modul, testiranje je white box tehnika testiranja koja se fokusira na testiranje manjih gradivnih blokova programa. Testiranje modula olakšava proces nalaženja defekata (debugging), jer se problem lokalizuje na nivo funkcije.

Kada se modul testiranju pristupi na adekvatan način, osigurava se potpuna pokrivenost koda, gde se sve putanje i sva grananja pokrivaju testovima. Svrha modul testiranja nije provera funkcionalnosti modula, već provera da je modul razvijem tačno kako je navedeno specifikacijom.

4.2 Integracioni test

Nakon modul testiranja, svi zasebni moduli se integrišu u grupu, odnosno sistem. Faza spajanja modula, naziva se integraciona faza, a da bi moduli mogli međusobno da komuniciraju neophodno je dodati interfejse, funkcije, koji će ih povezivati. Svrha integracionih testova je u testiranju kako se modul ponaša u celini, ali i defekte koji nastaju u interfejsima koji povezuju module.

4.3 Sistemski test

Nakon što su svi moduli integrisani u sistem i integracioni testovi izvršeni može se pristupiti sistemskom testiranju. Sistemski testovi su testovi koji se baziraju na *black box* tehnikama i bave se proverom ponašanja sistema. Ovi testovi vrše pored funkcionalne i proveru pouzdanosti, performansi i bezbednosti sistema.

4.4 Acceptance test

Poslednji tip testiranja u nizu, podrazumeva proveru jesu li svi zahtevi u okviru specifikacije implementirani i jesu li implementirani na adekvatan način.

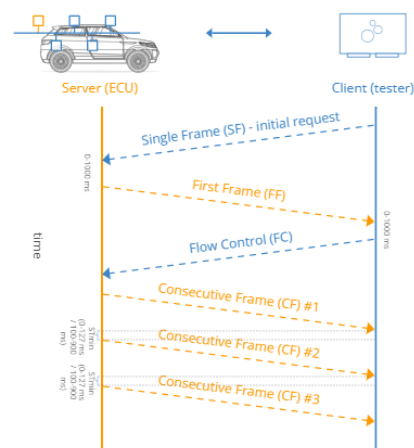
Cilj ovog testiranja jeste potvrda da implemetirano rešenje zadovoljava i funkcionalne i ne funkcionalne zahteve. Ovaj tip testiranja "zatvara" test fazu i daje potvrdu da je faza razvoja produkta završena.

5. CAN komunikacija

CAN, *Controller area network*, protokol razvijen od strane Bosh kompanije početkom 1980 ih, postao je međunarodni standard (ISO 11898) 1994-e godine. Razvijan za potrebe brze serijske komunikacije između kontrolnih modula, široku upotrebu je našao u automobilskoj industriji.

Komunikacionim linkom, koga čine dva signala CANH i CANL, prostire diferencijalni signal čija je brzina prostriranja definisana je standardima ISO 11898-2 i ISO 11898-3.

Standardna CAN poruka može biti dužine 8B (bajtova) dok dužina CANFD poruke može biti do 64B(bajta). Jedna CAN poruka, dužine osam bajtova, naziva se frejm (frame), u slučaju standardne CAN komunikacije vrši se razmena pojedinačnih (single frame) poruka, dok u slučaju CANFD komunikacije postoji i poruka kontrole prenosa (flow control frame) gde se šalje prva poruka, frame, a kao odgovor se dobija potvrda od kontrolera kome je poruka poslata i nastavlja se sa slanjem ostatka poruka (Consecutive Frame).



Slika 2. Principi razmene CAN poruke

6.UDS

UDS, Unified Diagnostic Services, definisan standardom ISO 14229, je komunikacioni protokol koji koriste dijagnostički sistemi pri komunikaciji sa procesorskim jedinicama. U sklopu UDS protokola definisani su servisi. Lista servisa sa servisnim identifikatorima, koji su podržani ovim protokolom prikazana je na slici.

SID	Service	SID	Service
0x10	Diagnostic Session Control	0x31	Routine Control
0x11	ECU Reset	0x34	Request Download
0x14	Clear Diagnostic Information	0x35	Request Upload
0x19	Read DTS Information	0x36	Transfer Data
0x22	Read Data By Identifier	0x37	Request Transfer Exit
0x23	Read Memory By Address	0x38	Request File Transfer
0x24	Read Scaling Data By Identifier	0x3E	Tester Present
0x27	Security Access	0x3D	Write Memory By Address
0x28	Communication Control	0x83	Access Timing Parameters
0x29	Authentication	0x84	Secured Data Transmission
0x2A	Read Data By Periodic Identifier	0x85	Control DTC Setting
0x2C	Dynamically Define Data Identifier	0x86	Response on Event
0x2E	Write Data By Identifier	0x87	Link Control
0x2F	Input Output Control By Identifier	0x7F	Negative Response SID

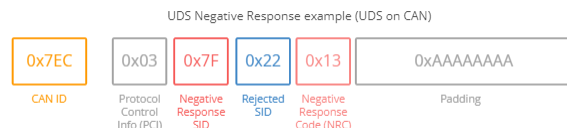
Slika 3. UDS podržani servisi

Dijagnostička poruka se procesorskoj jedinici prosleđuje kao CAN poruka.



Slika 4. UDS poruka sa pozitivnim odgovorom

Negativan odgovor na zahtevani servis ima predefinisani servisni identifikator 0x7F, sledeći bajt označava za koji servis se šalje negativan odgovor i na kraju šta prouzrokuje takav odgovor.



Slika 5. Negativan odgovor UDS poruke

7. CANoe simulacija

Za potrebe testiranja kreirana je simulacija u CANoe softveru. Ovaj program, razvijen od strane Vector Informatik GmbH kompanije, primenjuje se u automobilske industriji u toku testiranja i analize rada razvijanog sistema. Simulacija se koristi pri komunikaciji sa kontrolnim modulima razmenjujući CAN poruke.

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu detaljno je prikazan proces razvoja i testiranja softera, gde je akcenat stavljen na nivoe i metode testiranja svakog segmenta razvoja. Predstavljene metode se koriste u automotiv industriji i neizostavan su deo svakog test plana. Ukoliko se testiranju pristupi temeljno i u što ranijoj fazi, povećava se verovatnoća pronalaženja defekata, čime se smanjuju mogućnosti otkaza ili neadekvatnog ponašanja programa. Svaki program, koliko god bio jednostavan, mora proći kroz adekvatnu test fazu jer se samo na taj način može potvrditi da je korišćenje tog softvera bezbedno i da se nepredviđeno ponašanje neće dogoditi.

9. LITERATURA

- [1] <https://www.csselectronics.com/pages/uds-protocol-tutorial-unified-diagnostic-services>, jun 2023.
- [2] <https://www.csselectronics.com/pages/can-bus-simple-intro-tutorial>, jun 2023.
- [3] <https://www.csselectronics.com/pages/can-fd-flexible-data-rate-intro>, jun 2023
- [4] Bart Broekman, Edwin Notenboom, "Testing Embedded Software", Addison-Wesley Longman, Amsterdam, 2003
- [5] Greg Fournier, "Essential Software Testing, A Use-Case Approach", New York, 2008

Kratka biografija:



Lazar Vučković rođen je u Kragujevcu 1995. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti elektrotehnike i računarstva – Autoelektronika odbranio je 2020. godine.



Vladimir Rajs rođen je 1982. godine u Apatinu. Diplomirao je 2007, a doktorirao 2015. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Od 2016. godine zaposlen je kao docent, od 2021. kao vanredni profesor na Departmanu za elektroniku, energetiku i telekomunikacije FTN-a.

ISPITIVANJE UTICAJA SREDINE NA RAD ELEKTRONSKIH UREĐAJA**ENVIRONMENTAL TESTING OF ELECTRONIC DEVICES**Milana Srbinovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu je prikazano ispitivanje uticaja sredine na rad elektronskih uređaja, na primeru USB komunikacionog uređaja u skladu sa ISO 16750 standardom. Akcenat je stavljen na klimatska ispitivanja, koja se izvode u specijalno namenjenim klima komorama u opsegu temperatura od -40 °C do 85 °C. Rezultati ukupno 4 testiranja su prikazani i diskutovani.

Ključne reči: Testiranje uređaja, ispitivanje uticaja sredine, temperaturni testovi.

Abstract – This paper presents environmental testing of USB connectivity device in accordance with ISO 16750 standard. The focus of this thesis is on climate testing which are performed in special climate chambers with temperature range -40 °C - 85 °C. Total of 4 tests results are also presented and discussed.

Keywords: Device testing, Environmental testing, Temperature tests.

1. UVOD

Jedna od bitnih faza u proizvodnji elektronskih i električnih uređaja jeste njihovo testiranje. Testiranje, tj. Ispitivanje, predstavlja skup radnji koje se koriste za proveru usklađenosti bilo kog elementa sistema kao i celine sa njegovom svrhom i funkcijama. Ove akcije se planiraju i sprovede tokom celog životnog ciklusa sistema. Bilo da je reč o sistemu kao celini ili pojedinom elementu sistema, od velike je važnosti izvršiti niz ispitivanja kako bi se potvrdila njegova funkcionalnost [1].

Prilikom projektovanja proizvoda potrebno je uzeti u obzir sve zahteve koji su definisani tehničkim zakonodavstvom, sa ciljem da se zaštite potrošač i okolina. Tehnički zahtevi predstavljaju uslove ili karakteristike koje sistem ili njegova komponenta treba da poseduju kako bi nalogodavac, standard, specifikacija ili korisnik bili zadovoljeni [2].

Kako bi uređaj mogao biti plasiran na tržište bitno je da bude usklađen sa svim sigurnosnim, zdravstvenim, i drugim zajedničkim interesima koje priopisuje regulatorno telo, što se potvrđuje postavljanjem znaka usaglašenosti, tzv. CE znaka (fr. *conformité européenne*) [3],[4]. Iz tog razloga neophodno je realizovati seriju testiranja na osnovu kojih će se izvršiti procena sistema i utvrditi da li je u skladu sa svim propisima, zahtevima i opisom [5].

U ovom radu je prikazan postupak testiranja jednog električnog uređaja koji je namenjen za dalju ugradnju u vozila kao što su traktori, bageri, kombajni, itd. Opisani su postupci ispitivanja uslova okoline, a u literaturi [6]-[9] navedeni su ISO standardi čije se smernice prate prilikom izvođenja testova. Akcenat je stavljen na klimatska ispitivanja koja za cilj imaju simuliranje različitih uslova okoline u kojima uređaj može da se nađe u toku upotrebe, i ispitivanje njegove funkcionalnosti u datim uslovima. Testiranje je vršeno na izrazito niskim i visokim temperaturama, u opsegu od -40 do 85 °C, sa uključenim i isključenim uređajem.

Rad je opisan kroz četiri poglavlja od kojih je prvo uvodno. Drugo poglavlje sadrži opise testiranja uslova okoline, sa akcentom na klimatska testiranja. U okviru trećeg poglavlja prikazana je postavka testa i diskutovani su dobijeni rezultati. Četvrto poglavlje predstavlja kratak zaključak.

2. ISPITIVANJE USLOVA OKOLINE

Ispitivanje uslova okoline podrazumeva skup procedura koje se izvršavaju u kontrolisanim uslovima sa unapred određenom postavkom. Ova ispitivanja prate smernice ISO 16750 standarda koji se odnosi na sistematično definisanje i primenjivanje niza internacionalno prihvaćenih uslova, testova i zahteva koji se tiču sredine u kojoj će se uređaj koristiti i kojoj će biti izložen tokom svog životnog veka.

ISO 16750 definiše sledeće testove:

- ISO 16750-1: Opšti zahtevi [1],
- ISO 16750-2: Električni i EMC testovi [6],
- ISO 16750-3: Mehanički testovi [7],
- ISO 16750-4: Klimatski testovi [8],
- ISO 16750-5: Hemijski testovi [9].

2.1. Osnovni funkcionalni test

Zadatak osnovnog funkcionalnog testa je da se utvrdi da li uređaj koji se ispituje poseduje sve funkcionalnosti na sobnoj temperaturi dok je uključen i nije izložen spoljašnjim uticajima [1].

U okviru ovog rada testiran je USB komunikacioni uređaj (slika 1) čija je osnovna funkcionalnost uspostavljanje komunikacije (WLAN, LTE, Bluetooth i GNSS) između glavne računarske jedinice vozila pod Linux operativnim sistemom sa jedne strane i korisnika, dispečera sa druge.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor bila dr Mirjana Damjanović, red. prof.



Slika 1. Izgled uređaja

2.2 Temperaturni i klimatski testovi

Temperaturni testovi se izvode u skladu sa ISO 16750-4 standardom, a podrazumevaju funkcionalno testiranje izdržljivosti uređaja koji se ispituje pri promeni temperature i vlažnosti vazduha u kontrolisanim uslovima. Ispitivanja se izvode u specijalno namenjenim klima komorama (slika 2) gde je moguće pratiti i kontrolisati uslove u kojima se uređaj nalazi. Klima komora *KK-1700CHLT*, proizvođač Kambič [10], koja se koristila za ispitivanja je zapremine 1700 litara, ima opseg kontrolisanja temperature od -40°C do 180°C , i relativne vlažnosti vazduha od 10% do 98%.



Slika 2. Klimatska komora Kambič *KK-1700CHLT* [10]

U sklopu temperaturnih i klimatskih ispitivanja izvode se sledeći testovi:

- Testiranje na minimalnoj temperaturi skladištenja sa isključenim uređajem,
- Testiranje na minimalnoj radnoj temperaturi sa uključenim uređajem,
- Testiranje na maksimalnoj temperaturi skladištenja sa isključenim uređajem,
- Testiranje na maksimalnoj radnoj temperaturi sa uključenim uređajem,
- Temperaturni koračni test,
- Ciklični temperaturni test,
- Temperaturni stres test,
- Ciklični temperaturni test sa regulacijom vlažnosti,
- Ciklični temperaturni test sa tačkom rose,
- Temperaturni test sa regulacijom vlažnosti [8].

Od prethodno navedenih testova u okviru ovog rada urađeni su koračni test, testiranje na maksimalnoj

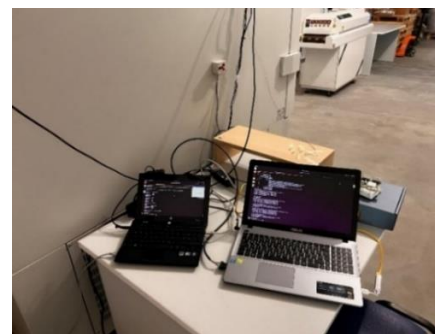
temperaturi sa isključenim uređajem, testiranje na minimalnoj temperaturi sa uključenim uređajem i testiranje na minimalnoj temperaturi sa isključenim uređajem.

3. MERNI POSTAVKA ZA KLIMATSKA ISPITIVANJA

Merni sistem čine klimatska komora (slika 3a) i dva dodatna računara za kontrolisanje rada komore i praćenje funkcionalnosti uređaja (slika 3b).



a)



b)

Slika 3. Merna postavka za klimatska testiranja:
a) fotografija unutrašnjosti klima komore *KK-1700CHLT*,
b) dodatni uređaji koji služe za kontrolisanje rada komore i praćenje funkcionalnosti uređaja

Uređaju se pristupa putem USB serijske komunikacije, sa platforme na bazi *Linux* operativnog sistema. Za ispitivanja se koristi računar koji će simulirati *Linux* platformu za koju je dizajniran uređaj, odakle se prate funkcionalnosti (GSP veza, LTE veza, WLAN i BT veza) i parametri kao što su vreme, brzina komunikacije, brzina odziva, temperatura.

Računarskoj jedinici komore se može pristupiti lokalno, preko ekrana koji se nalazi na vratima, ili udaljeno pomoću drugog računara ostvarivanjem RS232 serijske komunikacije. Na ovaj način je moguće vršiti beleženje svih parametara komore.

Na računaru koji proverava funkcionalnost uređaja se nalazi test program koji vrši proveru komunikacije, ispisuje podatke od značaja u okviru *Picocom* terminala i vrši njihov upis u tekstualnu datoteku.

3.1. Rezultati temperaturnog koračnog testa

Na početku testiranja neophodno je navesti broj koraka, nakon čega se za svaki vrši upisivanje temperature. Na ovaj način će komora sa 20°C najpre postepeno spuštati

temperaturu do -40°C , a zatim podizati do 75°C , sa korakom od 5°C . Potrebno vreme da se temperatura komore promeni za 5°C je 10 minuta. Takođe, treba uzeti u obzir da je zbog efekta termičke mase potrebno određeno vreme da se temperatura uređaja izjednači sa temperaturom komore, i ono iznosi oko 20 minuta. Kada se dostigne 75°C , temperatura se naglo spušta do 20°C i komora se isključuje. Za to vreme se prate funkcionalnosti uređaja kao i temperatura komore i vreme obavljanja testa, a dobijeni podaci se upisuju u dve odvojene tekstualne datoteke.

```
Step no 10
Mon 15 May 2023 07:31:25 PM CEST
picocom v3.1

Type [C-a] [C-h] to see available commands
Terminal ready
Tk=-15.08 Tset=-20.0 Tramp=-20.0 Rhc=100.0
RhSet= 0.0 V=100.00 Tv=-13.47 RUN=1 CN=00168 ID=KK1700CH14044491
Terminating...
```

Slika 4. Praćenje parametara komore

Na početku se ispisuju redni broj koraka i trenutno vreme. Zatim sledi ispis parametara komore. Na primeru prikazanom na slici 4, trenutna temperatura komore (T_k) je -15.08°C , dok je zadata (T_{set}) -20°C . Kontrola nagiba tj. brzine promene temperature (T_{ramp}) nije uključena te program komore u T_{ramp} upisuje vrednost T_{set} . Regulacija vlažnosti vazduha (Rh_{set}) je takođe isključena. Oznake V i Tv se odnose na brzinu i temperaturu ventilatora. Poslednja dva podatka odnose se na serijski broj komore.

Na slici 5 prikazan je izgled dela tekstualne datoteke dobijene praćenjem funkcionalnosti uređaja. Na početku se ispisuje redni broj testa, kao i podatak o vremenu, nakon čega slede podaci o temperaturi koji se dobijaju od LTE modula. Prva vrednost se odnosi na temperaturu jezgra procesora i iznosi -11°C , druga na temperaturu u neposrednoj okolini jezgra i iznosi -16°C , a treća na temperaturu neposredno pored modula -20°C (spoljna).

```
253 test
Mon 15 May 20:14:03 CEST 2023

Module Temperature
picocom v3.1

+QTEMP: -11,-16,-20
OK
```

Slika 5. Praćenje funkcionalnosti uređaja

Nakon ovoga sledi ispis GPS testa (slika 6). Podaci koji su od značaja jesu podaci o poziciji ispisani po standardima *nmea* protokola, trenutno vreme (UTC), geografska dužina (engl. *longitude*), geografska širina (engl. *latitude*) i nadmorska visina (engl. *altitude*).

Sledeći podaci koji se upisuju u datoteku (slika 7) su rezultati *Bluetooth*, *LTE* i *WLAN ping* testova kojima se ispituje brzina komunikacije.

Iz dobijenih rezultata izdvajaju se podaci o vremenu i temperaturi dobijeni sa komore, i unose u *Microsoft excel* tabelu. Na istom grafiku (slika 8) predstavljene su zadata (T_{set}) i trenutna temperatura komore ($T_{chamber}$) u zavisnosti od vremena izvršavanja. Test je započet u 15.40, a završen je narednog dana u 10.05 (dakle, trajao je 18 h i 25 min).

```
253 GPS test

3GPP
operator mcc: 220
operator mnc: 01
location area code: FFFE
tracking area code: 005729
cell id: 0019C903

GPS
nmea: $GPGSA,A,3,01,03,04,17,19,21,28,31,,,,,1.0,0.6,0.7,1*2C
$GPRMC,181404.00,A,4515.909950,N,01950.284058,E,0.0,46.8,150523,2.4,E,A,V*7C
$GPGSV,3,1,12,01,60,150,29,03,72,331,30,04,47,212,29,09,15,222,16,1*6C
$GPGSV,3,2,12,17,33,279,35,19,24,306,20,21,38,150,31,22,,27,1*58
$GPGSV,3,3,12,28,25,056,30,31,32,090,26,06,07,313,,32,00,046,,1*67
$GPVTG,46.8,T,44.4,M,0.0,N,0.0,K,A*2D
$GPGGA,181405.00,4515.909950,N,01950.284058,E,1,08,0.6,85.1,M,39.0,M,,*57

utc: 181405.00
longitude: 19.838068
latitude: 45.265166
altitude: 85.100000
```

Slika 6. Rezultati GPS testa

```
253 Bluetooth test

Ping: 00:27:13:D3:47:41 from 04:C4:61:BE:41:37 (data size 44) ...
44 bytes from 00:27:13:D3:47:41 id 0 time 208.57ms
44 bytes from 00:27:13:D3:47:41 id 1 time 72.41ms
44 bytes from 00:27:13:D3:47:41 id 2 time 84.87ms
44 bytes from 00:27:13:D3:47:41 id 3 time 96.03ms
4 sent, 4 received, 0% loss

253 LTE speed test
```

```
PING 8.8.8.8 (8.8.8.8) from 10.43.240.42 wlan0: 56(84) bytes of data.
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=1 ttl=117 time=246 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=2 ttl=117 time=34.7 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=3 ttl=117 time=36.8 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=4 ttl=117 time=29.8 ms

--- 8.8.8.8 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3004ms
rtt min/avg/max/mdev = 29.823/86.830/246.021/91.943 ms
```

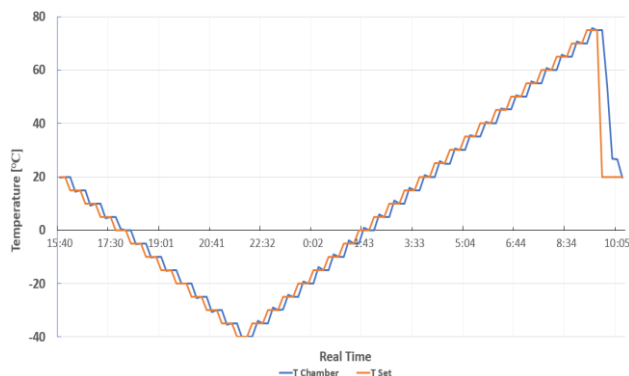
```
253 WiFi speed test

PING 8.8.8.8 (8.8.8.8) from 172.30.2.55 wlan0c461be4136: 56(84) bytes of data.
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=1 ttl=119 time=10.3 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=2 ttl=119 time=10.3 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=3 ttl=119 time=9.96 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=4 ttl=119 time=9.75 ms

--- 8.8.8.8 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3004ms
rtt min/avg/max/mdev = 9.749/10.079/10.329/0.237 ms
```

Slika 7. Rezultati Bluetooth, LTE i WLAN testa

Pregledom tekstualnih datoteka dobijenih sa uređaja može se zaključiti da se USB uređaj u toku testiranja ponašao prema očekivanjima. Pregledom tekstualnih datoteka dobijenih sa komore može se potvrditi da je regulacija temperature bila ispravna. Ovaj test je od velikog značaja kako bi se ispitalo da li se javljaju nepravilnosti u malim delovima opsega radne temperature.



Slika 8. Grafički prikaz koračnog testa, gde je zadata temperatura T_{set} (narandžasta linija), a temperatura komore $T_{chamber}$ (plava) u toku 18 h i 25 min

3.2 Testiranje na minimalnoj temperaturi sa uključenim uređajem

Testiranje se izvodi na radnoj temperaturi od -40 °C, u trajanju od 24h sa uključenim uređajem. Test simulira situaciju kada bi se uređaj našao u sredini sa izrazito niskom temperaturom. Na slici 9 predstavljen je primer WiFi testa kojim se proverava da li uređaj poseduje WLAN komunikaciju u zadatim uslovima. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da uređaj poseduje željene funkcionalnosti u toku testiranja.

985 WiFi speed test

```
PING 8.8.8.8 (8.8.8.8) from 172.30.2.87 wlx04c461be4650: 56(84) bytes of data
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=1 ttl=119 time=12.2 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=2 ttl=119 time=9.44 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=3 ttl=119 time=9.57 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=4 ttl=119 time=10.4 ms

--- 8.8.8.8 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3005ms
rtt min/avg/max/mdev = 9.436/10.410/12.204/1.104 ms
```

Slika 9. Prikaz WiFi testa kojim se ispituje brzina komunikacije

3.3 Rezultati testiranja na maksimalnoj temperaturi sa isključenim uređajem

Test se izvodi na temperaturi skladištenja od 85 °C, u trajanju od 48h sa isključenim uređajem čime se simuliraju uslovi sredine u kojima se uređaj može naći tokom transporta. U toku trajanja ovog testa podaci o komunikaciji nisu praćeni jer je uređaj isključen. Po završetku testiranja neophodno je uključiti uređaj kako bi se proverilo da li i dalje poseduje sve funkcionalnosti na sobnoj temperaturi. Na slici 10 predstavljen je deo tekstualne datoteke koja sadrži podatke o temperaturi komore u toku trajanja testa. Nakon testiranja uređaj se ponašao prema očekivanjima.

```
Terminating...
Thanks for using picocom
Iteration 2
Wed 8 Feb 14:20:24 CET 2023
picocom v3.1
Type [C-a] [C-h] to see available commands
Terminal ready
Tk= 22.89 Tset= 85.0 Tramp= 85.0 Rhc= 86.5 RhSet= 0.0
V=100.00 Tv= 20.52 RUN=1 CN=00155 ID=KK1700CH14044491
```

Slika 10. Prikaz parametara komore u toku testiranja na temperaturi od 85 °C sa isključenim uređajem

3.4 Testiranje na minimalnoj temperaturi sa isključenim uređajem

Testiranje se izvodi na minimalnoj temperaturi od -40 °C, u trajanju od 24h sa isključenim uređajem čime se simuliraju uslovi skladištenja i transporta uređaja. Kako je tokom testiranja uređaj isključen, podaci o komunikaciji nisu praćeni. Po završetku testiranja neophodno je uključiti uređaj kako bi se proverilo da li i dalje poseduje sve funkcionalnosti. Na slici 11 predstavljen je prikaz temperature komore. Kao i u prethodnom slučaju, uređaj poseduje sve funkcionalnosti nakon testiranja.

```
Iteration 3
Tue 7 Feb 11:38:36 CET 2023
picocom v3.1
Type [C-a] [C-h] to see available commands
Terminal ready
Tk= 15.68 Tset=-40.0 Tramp=-40.0 Rhc=100.0 RhSet= 0.0
V=100.00 Tv= 16.44 RUN=1 CN=00155 ID=KK1700CH14044491
```

Slika 11. Prikaz parametara komore u toku testiranja na temperaturi od -40 °C sa isključenim uređajem

4. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio da se prikažu postupci ispitivanja uticaja okoline na rad elektronskog uređaja, gde se simuliraju različiti uslovi u kojima on može da radi.

Predstavljeni su rezultati koračnog temperaturnog testa, u trajanju od 18h i 25min, ispitivanja na maksimalnoj temperaturi sa isključenim uređajem i testiranja na minimalnoj temperaturi sa uključenim i isključenim uređajem. Praćeno je da li u toku i nakon testiranja uređaj poseduje funkcionalnosti kao što su WLAN, LTE, Bluetooth i GNSS veza. Iz dobijenih rezultata se može zaključiti da uređaj uspešno izvršava komunikaciju i normalno funkcioniše u svim ispitivanim uslovima.

U daljem procesu validacije i verifikacije uređaja planira se izvođenje mehaničkih, hemijskih, IP (engl. *Ingress Protection*) kao i EMI i EMC testova.

5. LITERATURA

- [1] ISO 16750-1 Road vehicles —General.
- [2] Bijan, Y., Yu, J., Stracener, J., & Woods, T. (2013). Systems requirements engineering—State of the methodology. *Systems Engineering*, 16(3), 267-276.
- [3] <https://pks.rs/strana/sekcija/ce-znak-sta-je-ce-znak> Pristupljeno: 30.6.2023.
- [4] European Union official website, “CE Marking”, https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_en.htm, Pristupljeno: 14.6.2023.
- [5] The “Blue Guide” on the implementation of EU product rules, European Union, DG Enterprise and Industry, 2014.
- [6] ISO 16750-2 Road vehicles —Electrical loads.
- [7] ISO 16750-3 Road vehicles —Mechanical loads.
- [8] ISO 16750-4 Road vehicles —Climatic loads.
- [9] ISO 16750-5 Road vehicles —Chemical loads.
- [10] <https://kambic.com/klima-komore/> Pristupljeno: 14.6.2023.

Kratka biografija:

Milana Srbinovski rođena je u Vršcu 1999. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjena elektronika odbranila je 2023. god. kontakt: milanasrbinovski@gmail.com

AKVIZICIJA, OBRADA I MONITORING PODATAKA U REALNOM VREMENU UZ PRIMENU SOFTVERSKOG PAKETA PI SYSTEM

DATA ACQUISITION, PROCESSING AND MONITORING IN REAL TIME USING THE PI SYSTEM SOFTWARE PACKAGE

Milica Vujović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MERENJE I REGULACIJA

Kratak sadržaj – U ovom radu opisan je softverski paket pod nazivom *PI System* koji prikuplja, upravlja i skladišti podatke u realnom vremenu. Objašnjeni su svi delovi njegove arhitekture, koji zaokruženi u jednu celinu čine značajan alat u okviru koncepta *Industrija 4.0*. Potpuna funkcionalnost sistema predstavljena je praktično na jednom primeru iz industrije uz pomoć simulacionog seta podataka procesa. Diskutovano je o prednostima i manama sistema.

Ključne reči: *Industrija 4.0, Podaci u realnom vremenu, PI System*

Abstract – This paper describes the *PI System* software package for collecting, enriching, storing, and accessing reliable, real-time operations data. All parts of its architecture are explained, jointly representing a significant tool within the *Industry 4.0* concept. The complete functionality of the system is practically presented in an example from the industry supported by a simulation of the data set of the process. The advantages and disadvantages of the system were discussed.

Keywords: *Industry 4.0, Real time data, PI System*

1. UVOD

Industrija 4.0 zasnovana je na novom modelu automatizacije proizvodnje i primenu informacionih tehnologija i kao glavni cilj ima digitalno unapređenje kvaliteta postojećih proizvoda i usluga, smanjenje troškova proizvodnje i povećanje profita. Suštinsku ulogu u konceptu *Industrije 4.0* imaju podaci u realnom vremenu koji dolaze sa *PLC*-ova, *SCADA* sistema i drugih izvora podataka.

Podaci se iz fizičkog sveta prikupljaju direktno sa izvora podataka preko komunikacionih protokola a zatim se predaju računarskim komponentama koje ih u izvornom ili obrađenom obliku proslede *IoT* Softverskim platformama. Prikupljanje i analiza podataka mogu značajno da unaprede efikasnost postojećeg sistema, kvalitet proizvoda, skrate i minimizuju vreme zastoja odnosno da preduprede moguće havarije i značajno uvećaju profit.

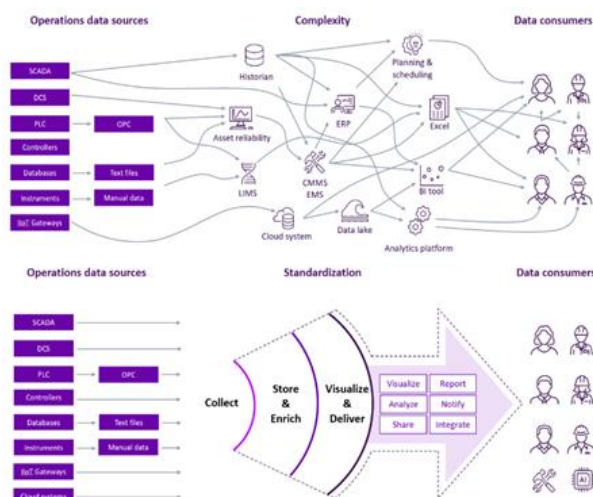
2. PI SYSTEM

PI Sistem prikuplja, skladišti i upravlja podacima iz fabrike ili procesa.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Platon Sovilj, red. prof.

Ovi podaci mogu da budu u prošlom, sadašnjem ili budućem vremenu. Upravljanje operativnim podacima koji dolaze iz fabrike je veoma kompleksno iz više razloga. Kao što smo već napomenuli, postoji mnogo različitih tipova izvora podataka pa samim tim i formata u kojim se ti podaci mogu slati odnosno primati. Takođe, bitno je spomenuti da su krajnji korisnici na više lokacija sa različitim ciljevima što dodatno otežava upravljanje podacima. Na Slici 1., uviđamo da je to veoma kompleksan proces u kom je teško odrediti ko sa kim „komunicira”. Upravo ovde se ogleda prava vrednost jedne platforme za upravljanje podacima kao što je *PI System*.



Slika 1. Arhitektura procesa sa i bez *PI System-a*

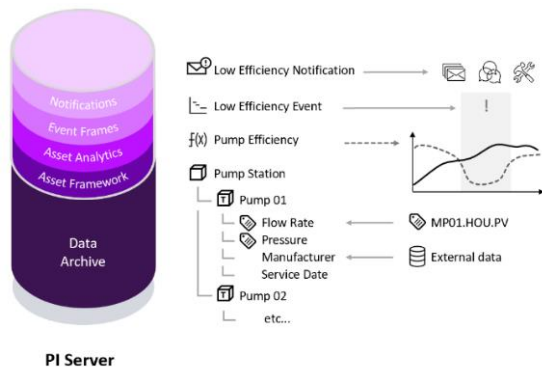
Uloga *PI System-a* podeljena je na tri velike celine: Prikupljanje podataka, Skladištenje i poboljšanje podataka i Vizualizacija i isporuka krajnjim korisnicima. Softverski paket se sastoji od više različitih komponenti od kojih svaka ima jasno definisanu i bitnu ulogu.

2.1. Prikupljanje podataka

U prvom sloju, *PI Sistem* vrši prikupljanje podataka. Jedna od glavnih prednosti je što se može povezati na bilo koji izvor operativnih podataka zahvaljujući interfejsima i konektorima koji mogu da čitaju sa preko 200 industrijskih sistema i protokola. *PI Interface*, *PI Connector* i *PI Adapter* su različite komponente koje su zadužene da prikupe podatke sa izvora podataka. To su *off-the-shelf* alati, što znači da su oni spremni da se koriste odmah, odnosno nije potrebno nikakvo dodatno razvijanje, testiranje ili integracija već ih je samo potrebno konfigurisati na odgovarajući način, u zavisnosti od izvora podataka. Prikupljanje podataka je bezbedno i pouzdano.

2.2. Skladištenje i obogaćivanje podataka

Drugi sloj zadužen je za skladištenje, kontekstualizaciju i obogaćivanje podataka. Ovo je deo softvera koji je odgovoran da preuzme sve podatke koji dolaze sa alata za prikupljanje podataka. Skladišti ih zauvek i sa najvećom mogućom vernosti podataka. Baza podataka je dizajnirana da bude optimizovana za vremenski zasnovane podatke. Svakom sirovom podatku moguće je dodati vrednosti poput analitike, obeležavanje događaja i obaveštenja. Ovo je najvažnija celina *PI System*-a koju obavlja *PI Server*.



Slika 2. Prikupljanje i unapređivanje podataka

PI Server čini više manjih komponenti.

PI Data Archive je komponenta koja je zadužena za skladištenje podataka u realnom vremenu. Sirov podatak sadrži vremensku oznaku i vrednost i skladišti se kao jedinstvena tačka koja se naziva *PI Point*. Svaka tačka definisana je skupom atributa kao što su ime tačke, opis i merna jedinica. *PI Data Archive* može da čita 2 miliona događaja po sekundi i da piše do 200 hiljada događaja po sekundi, što je čini visoko performansnim softverom za skladištenje podataka.

Na Slici 2., MP01.HOU.PV je naziv *PI Tačke* u koju se smešta sirov podatak očitavan sa senzora koji sadrži informaciju o protoku na pumpi 1. Samo ime *PI Tačke* nije intuitivno i ne govori mnogo nekome ko nije upućen u sam proces ili u samo kreiranje *PI Tačaka*. Taj nedostatak je regulisan narednom komponentom.

PI Asset Framework je komponenta koja je zadužena za obogaćivanje podataka. Kreiraju se hijerarhijske strukture koje olakšavaju korisnicima pretraživanje potrebnih podataka. Svaki deo fabrike ili procesa je predstavljen kao *Asset* odnosno *Element*. Svakom elementu moguće je dodati attribute koji ga bliže opisuju. Atributi predstavljaju jedinstvene osobine koje su povezane sa elementima i moguće ih je grupisati u kategorije. Mogu da referenciraju na *PI Point* (na taj način joj dajemo smislen naziv), formulu ili vrednost iz relacione baze podataka. Na taj način se mogu dodati i relacioni podaci kao što su ime proizvođača i dan sledećeg servisa koji su nam bitni za održavanje sistema. Jednom kreirana struktura se može sačuvati kao šablon iz koga se dalje može izvući veliki broj elemenata na brz i jednostavan način, što značajno olakšava i ubrzava kreiranje kada su veliki sistemi u pitanju. To je takođe prikazano na primeru na Slici 2., gde se može videti hijerarhijska struktura za pumpnu stanicu koja se sastoji od Elementa (*Pump Station*, *Pump 01*, *Pump 02*) i atributa (*Flow Rate*, *Pressure*, *Manufacturer*, *Service Date*).

Da bi smo dodatno poboljšali podatke, u okviru *PI Asset Framework*-a nalazi se deo koji se naziva *Asset Analytic* i koji omogućava korisnicima pravljenje proračuna koji mogu da sadrže više promenljivih. Korisnici imaju pristup velikoj biblioteci ugrađenih funkcija. Analize se pokreću u realnom vremenu i mogu da sačuvaju svoje rezultate kao dodatne *PI Tačke* i proračun se može popuniti unazad za celu istoriju izvornih podataka. Takođe, u okviru *PI Asset Framework*-a nalazi se i deo koji se naziva *Event Frames*. To je deo koji omogućava obeležavanje važnih događaja kao što su zastoji, niska efikasnost i još mnogo toga.

Na primeru na Slici 2., u okviru analiza izračunata je efikasnost pumpe. *Asset Analytic* je neobrađene podatke pretvorio u značajne informacije koje pomažu da otkrijemo tačku nagiba za dalju analizu i obradu. Na osnovu toga, kreiran je događaj koji detektuje nisku efikasnost pumpe. Zahvaljujući opciji *Notification*, kada se detektuje neki događaj od interesa, korisnik će biti obavešten i na taj način moći da odreaguje u što kraćem roku. To je još jedna bitna prednost ovog sistema.

2.3. Isporučka podataka krajnjim korisnicima

Treći sloj *PI System*-a zadužen je za isporuku podataka krajnjim korisnicima bez obzira gde se oni nalaze i dozvoljavajući im da vizualizuju njihove podatke koristeći *PI System* alate. Najpoznatiji alati za vizualizaciju podataka su *PI Vision* i *PI DataLink*.

PI Vision omogućava korisnicima da kreiraju vizualizaciju podataka. To je intuitivni interfejs, lak za korišćenje i bez potrebe za programiranjem. Kreiranje dinamičkih displeja znači da će se komandna tabla automatski ažurirati kada novi podaci dođu *online*, bez potrebe da se manuelno dodaju novi podaci svakom posebnom displeju. Bilo da korisnici rade od kuće ili se nalaze u fabrici, podaci u realnom vremenu će uvek biti dostupni na njihovim laptopovima, tabletima ili čak na telefonima. *PI Vision* takođe dopušta korisnicima da dele svoje displeje sa ostalim korisnicima, pa svi mogu da rade sa istim setom podataka. Pretraživanje i navigacija kroz ekrane je laka, omogućena sa jednim klikom. Na Slici 3., prikazan je primer *PI Vision* ekrana.

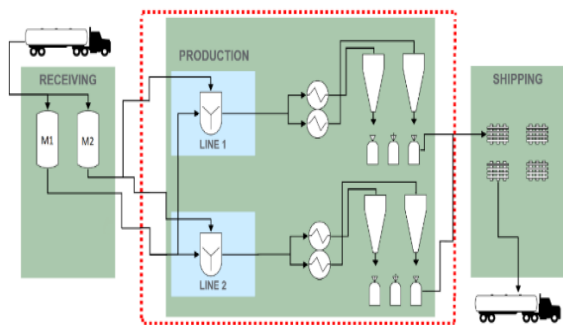


Slika 3. *PI Vision* ekrani

PI DataLink je alat koji omogućava korisnicima da kreiraju dinamičke izveštaje direktno u Excelu. Izveštaji su uživo, interaktivno i tabelarno prikazani. Laki su za analiziranje i upoređivanje. Takođe je moguće vršiti proračune i filtriranje podataka od interesa. Podaci iz proročnosti se lako sumiraju i upoređuju sa podacima u realnom vremenu.

3. MONITORING SISTEMA U REALNOM VREMENU

Funkcionalnost celog sistema je praktično prikazana na jednom primeru u industriji. Proces predstavlja jednu fabriku u kojoj se mešaju 2 različita materijala i zatim pakuju u džakove koji se postavljaju na palete radi daljeg prenosa. Fabrika postoji na 2 različite lokacije. Svaka od lokacija sadrži se od po 2 linije, dok se svaka linija sadrži od po 2 postrojenja za mešanje materijala. Na Slici 4. je prikazan izgled jedne lokacije, dok je druga lokacija u potpunosti identična. Simulacija podataka u realnom vremenu dolazi iz dela za proizvodnju i pakovanje.



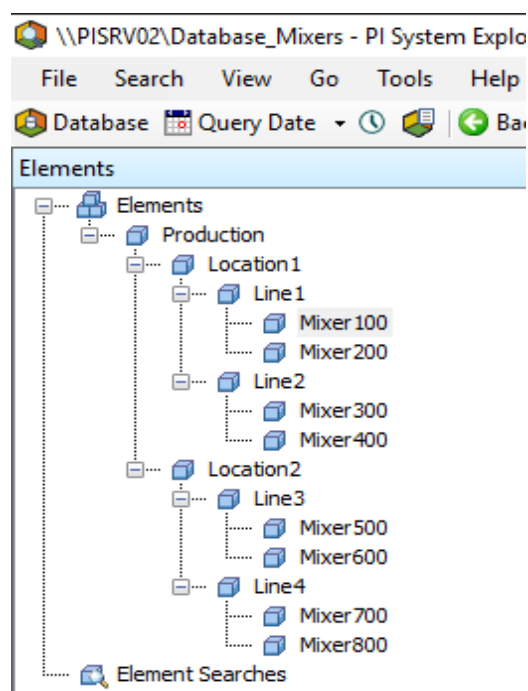
Slika 4. Izgled postrojenja procesa na jednoj lokaciji

Prvi korak je bio da se obezbede podaci u realnom vremenu. Prilikom razvijanja HMI aplikacija pogodno je koristiti simulator kao izvor podataka kako bi se testirale sve funkcionalnosti. Za potrebe ovog projekta korišćen je *PLC Modbus TCP/IP* simulator koji iz učitane *PLC scripte* generiše podatke sa naznačenog porta kao analogne ulaze koje je dalje potrebno čitati preko *Modbus-a*. Kako bi pročitali podatke iskoristili smo komunikacioni protokol *OPC DA*. To je klijent-server standard koji omogućava prikupljanje podataka u realnom vremenu. *OPC Server* je pomoću *OI Gateway-a* pročitao podatke koji se nalaze u *Modbus* registrima i konvertovao ih u *OPC DA* podatke koji sadrže vremensku oznaku i kvalitet. Dalje je *OPC Quick Client* iskorišćen da „proziva“ odnosno izda naredbu serveru da pročita podatke sa *PLC Simulatora*. U našem slučaju to su podaci koji dolaze sa osam pogona za mešanje materijala koji se nalaze na dve različite lokacije, podeljeni u dve odnosno četiri linije.

Oni predstavljaju izvor podataka za ovaj projekat i naredni korak je bio da se oni učitaju u *PI System*. Za to je iskorišćena *PI Interface* komponenta. Na jednostavan način, u okviru *PI Interface Configuration Utility* programa koji dolazi u okviru programskog paketa *PI System*, kreirana je i konfigurisana *interface* instanca koja je zadužena da pročita podatke u realnom vremenu.

Kada smo to obezbedili prešli smo na naredni korak koji je podrazumevao pravljenje *PI Tačaka* gde će se smeštati podaci. To je moguće u okviru još jedno programa iz paketa koji se naziva *PI System Management Tools (SMT)* ali postoji i dodatak za *Excel – PI Builder* koji omogućava lako i brzo pravljenje velikog broja tačaka, a zatim i izvoz u *PI SMT*. U okviru tog dodatka je takođe moguće praviti i izmene nad već postojećim tačkama. Ovo je velika prednost *PI System-a* jer više hiljada tačaka je moguće napraviti jednostavno i za veoma kratko vreme.

Kao što smo već ranije objasnili, imena *PI Tački* najčešće sadrže smislene skraćenice koje su razumljive samo odličnim poznavacima procesa. Kako bi dodatno obogatili naše podatke, sledeći korak bio je pravljenje hijerarhije u *PI Asset Framework-u*. U okviru njega prvo je napravljena baza pod nazivom *Database Mixers*. Pravljenje baze omogućava da se sa istim elementima može praviti više različitih hijerarhija pri čemu je svaka nova napravljena hijerarhija u različitoj bazi. To omogućava više različitih pogleda u zavisnosti od potreba kao i maksimalnu iskoristivost podataka. Prvo smo definisali glavne elemente i kreirali šablone. Hijerarhija u našem projektu je prilično trivijalna, sastoji se iz tri nivoa i prikazana je na Slici 5. Početni nivo predstavlja postrojenje proizvodnje, koje se dalje deli na lokaciju 1 i lokaciju 2. Svaka od lokacija sadrži po 2 linije koje se sastoje od po dva sistema za mešanje materijala, kao što je i definisano na početku primera.



Slika 5.: Hijerarhija

U našem primeru svi elementi su izvedeni iz šablona za taj nivo hijerarhije, pa tako imamo 4 različita šablona: *Production*, *Location*, *Line* i *Mixer*. Iako u nekim slučajevima nije bilo potrebe za tim jer imamo samo jedan element, to je urađeno iz razloga da se sistem u budućnosti može nadograditi. Ne bi bio problem i da nije kreiran šablon, jer postoji mogućnost da se iz već kreiranog elementa izvede šablon. Kako u ovom primeru postoji ukupno 8 sistema za mešanje istog tipa, kreiranjem šablona *Mixer* skratili smo značajno vreme izrade. Atributi definisani na nivou šablona podeljeni su u kategorije radi lakšeg pregleda: Mešalica, Pumpa, Izlazni ventil, Ulazni ventil i Sabirač. Na Slici 6., prikazana je jedna od kategorija atributa. Na njoj vidimo da imamo dve pumpe i za njih sledeće informacije: status rada, brzina i *setpoint* za brzinu. To su sve podaci koje dobijamo sa senzorske stanice, u našem slučaju sa simulacije. One su povezane sa našim *PI Tačkama* koje smo prethodno kreirali i one u stvari njima daju *human-readable* strukturu. Takođe kreirali smo i dva atributa koji

predstavljaju datume instalacije pumpe 1 odnosno pumpe 2. To su podaci koje čitamo iz jedne kreirane tabele i to takođe može biti jedan od izvora podataka za atribut. Zahvaljujući tim podacima, možemo preduprediti kvar pumpe i unapred zakazati planirano servisiranje.

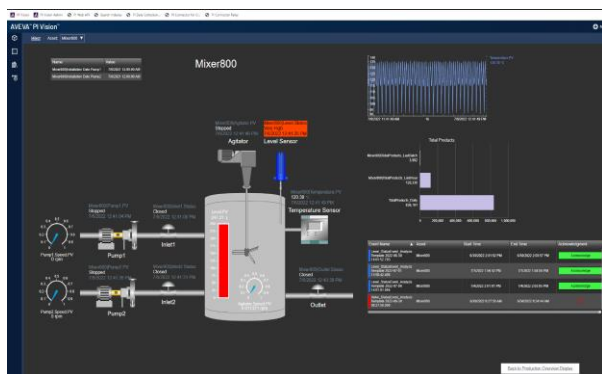
Category: Pump		
	Installation Date Pump1	10/5/2021 12:00:00 AM
	Installation Date Pump2	10/5/2021 12:00:00 AM
	Pump1.PV	Stopped
	Pump1.Speed.PV	0 rpm
	Pump1.Speed.SP	0 rpm
	Pump2.PV	Stopped
	Pump2.Speed.PV	0.098457 rpm
	Pump2.Speed.SP	0 rpm

Slika 6: Kreirani atributi u okviru jedne od kategorija

Ukoliko se neko postrojenje razlikuje od ostalih u nekom pogledu, mogu se dodatno definisati atributi na nivou određenog elementa ali sve što je definisano na nivou šablona biće identično za sve elemente izvedene iz tog šablona.

U našem projektu napravljene su analize i događaji. Neke od njih su provera statusa ventila odnosno nedozvoljenog položaja, zatim analiza koja preračunava vreme rada svake od pumpe i slično. Takođe, kreirana su obaveštenja koja će korisnika obavestiti porukom na *mail* ukoliko dođe do nekog kritičnog događaja kao što je pregrevanje (temperatura poraste više od kritične tačke) ili ukoliko je nivo veći ili niži od određenih tačaka. Analize se mogu kreirati na nivou svakog dela hijerarhije i postoje razne vrste analiza. Najbolji primer za to je analiza koja je kreirana da preračunava kolika je ukupna proizvodnja po liniji za jedan dan. Ona prolazi kroz nivoe ispod sebe i sabira attribute koji prikazuje proizvodnju za svaku liniju ponaosob.

Poslednji korak bio je vizualizacija i isporuka podataka krajnjim korisnicima odnosno pravljeni su displeji i izveštaji u realnom vremenu. Bitno je napomenuti da je moguće napraviti neograničen broj ekrana koji će pokazivati kontekst koji korisnik želi. Primer jednog od displeja koji prikazuje jedno postrojenje za mešanje nalazi se na Slici 7.



Slika 7: Primer PI Vision ekrana

U našem primeru napravili smo jedan početni ekran koji predstavlja ceo proizvodni pogon i prati prethodno napravljenu i usaglašenu hijerarhiju. Odatle se može skočiti na svaki zaseban ekran koji prikazuje svaku od lokacija, linija ili postrojenja posebno. Na displejima su prikazani svi prethodno napravljeni atributi preko raznih grafika, tabela, grafikona i slično. Svojim izgledom *PI Vision* ekrani podsećaju na *SCADA* sisteme.

4. ZAKLJUČAK

Tema ovog rada bila je upoznavanje sa arhitekturom *PI Systema*, komponentama i načinom njihovog funkcionisanja. Ipak, to su samo okviri koje je potrebno upoznati sa ciljem da bi znali kako ih pravilno upotrebiti. Kao glavne prednosti ovog sistema istakla bih da je izuzetno dobro struktuiran, intuitivan i podeljen u više manjih celina što ga čini lakšim za razumevanje. Smatram da i najkomplikovaniji proces, ukoliko se na dobar način poveže sa *PI Systemom*, postaje jednostavan i lak za razumevanje i iz njega možemo da izvučemo njegov maksimum. Ne samo da olakšava dosadašnje potrebe inženjera i radnika u industriji i štedi vreme, već je odličan za konstantno unapređivanje. Ipak, glavni razlog zašto mi se dopao je taj što granice njegovih mogućnosti dosežu mnogo više. *PI System* nudi dublji uvid u sam proces, stvarajući na taj način šanse za inovacije i unapređenje zahvaljujući analitici i proračunima.

Kao što je već rečeno u uvodu, glavni cilj industrije 4.0 jeste digitalno unapređenje kvaliteta postojećih proizvoda i usluga, smanjenje troškova proizvodnje uz povećanje profita. Uz *PI System*, podaci su digitalni i može mi se pristupiti bez obzira na kojoj se udaljenosti nalazite. Sve je digitalizovano i nezavisno od postrojenja i fabrike gde se fizički odvija proces ili mesta gde se vi nalazite. Rok trajanja skladištenja podataka je neograničen i u svakom trenutku se možete vratiti nazad kroz vreme i pronaći podatke od interesa. Zahvaljujući *PI Vision-u*, monitoring je dostupan 24/7 na bilo kom računaru, telefonu ili tabletu. Kreirajući razne vrste trendova, grafikona i tabela i upoređujući podatke od interesa i kreirane analize, lako dolazite do podataka o efikasnosti, troškovima, prihodima i rashodima. Kao manu ovog softvera svakako je bitno spomenuti visoku cenu. Ali ipak, ta cena je svakako dobra investicija u poslovanje, kada uzmemo u obzir sve već pomenute prednosti.

5. LITERATURA

- [1] <https://www.aveva.com/en/products/aveva-pi-system/>
- [2] <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>

Kratka biografija:



Milica Vujović rođena je u Zrenjaninu 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Merenje i regulacija odbranila je 2023.god.

kontakt: vmilica251@gmail.com

**SEGMENTACIJA LEZIJA U MAMOGRAFSKIM SLIKAMA KORIŠĆENJEM
SEGFORMER MREŽNE ARHITEKTURE****LESION SEGMENTATION IN MAMMOGRAPHIC IMAGES USING THE SEGFORMER
NETWORK ARCHITECTURE**

Jovana Kljajić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Detekcija promena u tkivu dojke, koje su često vezane za razvoj malignih oboljenja, omogućava postavljanje rane dijagnoze, što je jedan od ključnih faktora za povećanje uspešnosti lečenja raka dojke. Radi toga potrebno je pronaći algoritme koji će na brz i precizan način detektovati postojanje lezija. Zbog svoje jednostavnosti i efikasnosti, primena transformera u segmentaciji slike tokom poslednjih godina postaje sve popularnija. U ovom radu korišćena je Segformer mrežna arhitektura za segmentaciju lezija u okviru mamografskih snimaka koji postoje u INbreast bazi. Dobijeni rezultati pokazuju značajan potencijal za primenu ove arhitekture u realnim uslovima.

Ključne reči: Segformer, segmentacija, lezija, mamografski snimci

Abstract – Changes in breast tissue can indicate early stages of malignant diseases, in addition an early diagnosis is one of the key factors in increasing the success of the treatment. Therefore, it is necessary to find algorithms that will efficiently and precisely detect the presence of lesions. Due to their simplicity and efficiency, the application of transformers in image segmentation has gained a lot of attention in recent years. In this paper, the Segformer network architecture was used for lesion segmentation in mammography images. The obtained results demonstrate significant potential for the application of this architecture in real-world settings.

Keywords: Segformer, segmentation, lesion, mammography images

1. UVOD

Semantička segmentacija je jedan od osnovnih zadataka kojima se bavi kompjuterska vizija, a podrazumeva da se vrši klasifikacija pojedinačnih piksela koji sačinjavaju sliku. S obzirom na sličnost između klasifikacije i semantičke segmentacije, veliki broj arhitektura koje su kreirane za klasifikaciju slika se uspešno koriste za njihovu semantičku segmentaciju.

Jedan takav model, koji će ovde biti predstavljen i prilagođen za segmentaciju lezija u okviru mamografskih snimaka, jeste Segformer [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor dr Nikša Jakovljević, vanr. prof.

Ovaj model se zasniva na transformerima, i veoma je efikasan, tačan i robustan [1]. Novine koje on uvodi su: 1) ne zahteva poziciono kodovanje, 2) koristi obeležja različite rezolucije koje generiše hijerarhijski koder zasnovan na transformerima 3) računski efikasan All-MLP (eng. All – Multilayer Perceptron) dekodera.

Semantička segmentacija lezija na mamografskim snimcima je veoma važna jer može značajno da olakša i ubrza doktorima davanje dijagnoze, čime se povećavaju šanse pacijenta za izlečenje, a pošto su u pitanju ljudski životi ovakvi modeli moraju imati veoma visoku tačnost.

U nastavku će biti detaljno opisana arhitektura korišćenog modela u najvećoj meri zasnovana na radu [1]. Opis baze podataka koja je korišćena za treniranje i testiranje modela je data u delu 3. Nakon toga sledi prikaz rezultata uz odgovarajuću diskusiju i na kraju su dati najvažniji zaključci.

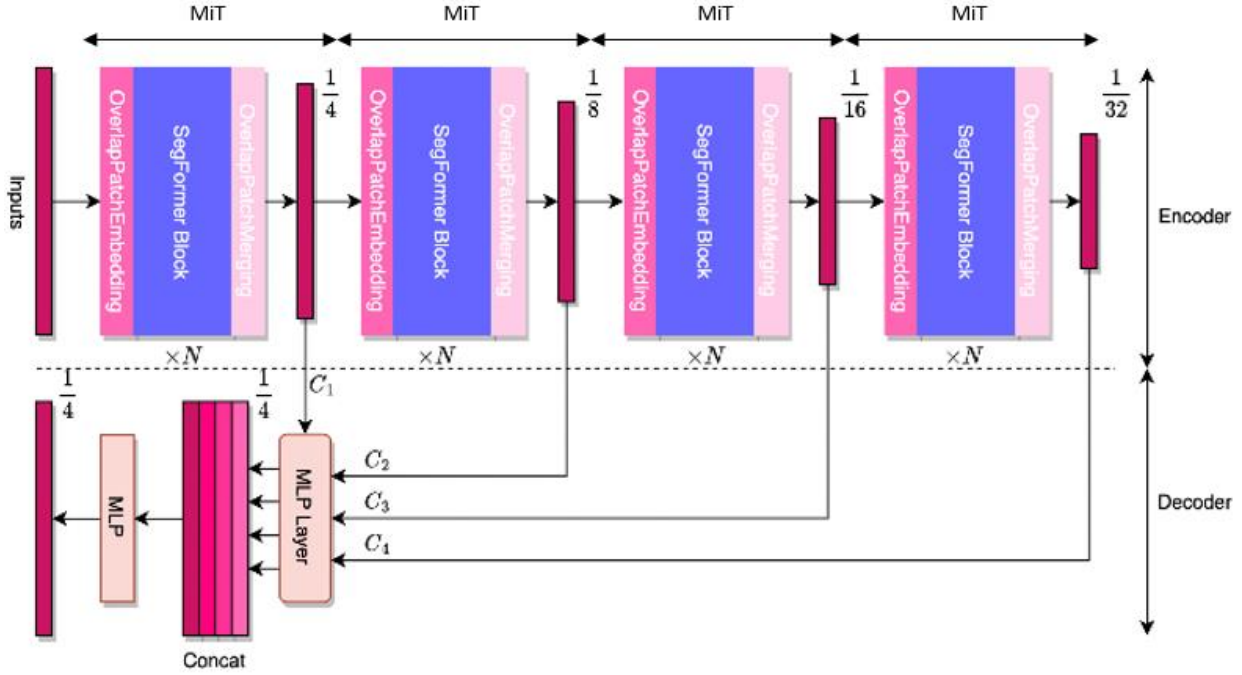
2. OPIS ARHITEKTURE SEGFORMER-A

Arhitektura Segformera je prikazana na sl. 1 gde se uočava da se sastoji iz dva funkcionalna dela. Prvi je hijerarhijski koder zasnovan na transformerima (na slici označen sa *encoder*), koji generiše obeležja visoke i niske rezolucije. Drugi deo je All-MLP dekodera koji služi za kombinovanje ovih obeležja dobijenih u više nivoa, kako bi proizveo finalnu masku za semantičku segmentaciju.

Kao ulaz u model očekuje se slika dimenzija $H \times W \times 3$, konkretno, modeli koji su ovde korišćeni očekuju kao ulaz mamografsku sliku dimenzija $512 \times 512 \times 3$. Ulazna slika se deli na segmente dimenzija 4×4 , koji se zatim koriste kao ulazi u hijerarhijski koder koji na izlazu daje pomenuta obeležja sa različitim rezolucijama [1].

2.1 Hijerarhijski koder zasnovan na transformerima

Prvi funkcionalni deo, koder, služi za određivanje obeležja iz ulaznih slika koja na najbolji način prave razliku između željenih klasa (piksel jeste ili nije lezija). On na izlazu daje obeležja različitih rezolucija, koja će posle, u okviru dekodera, biti kombinovana radi donošenja odluke. U okviru Segformera stepeni kodera, kojih ima 4, su označavani sa *Mix Transformer encoders*, ili skraćeno MiT, tako da će i u nastavku teksta biti tako označeni, kao i na slici 1. U nastavku će biti detaljnije opisan svaki deo od kog se sastoji MiT [1] i to *overlap patch embedding*, *segformer blok* i *overlap patch merging*.



Slika 1. Arhitektura Segformer modela [2].

2.1.1 Overlap Patch Embedding

Na početku svakog MiT bloka, nalazi se modul koji radi *overlap patch embedding*. Ovaj proces se sastoji iz toga da se slika izdela na segmente (eng. *patch*) koji se zatim spajaju u jednu sekvencu. Ovde se preklapanja obezbeđuju time što je postavljeno da je veličina segmenta veća od pomeraja (eng. *stride*) što dovodi do toga da se informacije dele između segmenata.

2.1.2 Segformer blok

Na slici 2. dat je detaljan prikaz modula od kojih se sastoji Segformer blok. Sekvenca koja pristiže na njegov ulaz prvo prolazi kroz *efficient self-attention* blok, a zatim kroz *Mix Feed Forward* mrežu (Mix-FFN).

Efficient Self-Attention:

Ovaj modul unosi najveću računsku kompleksnost u model, i samim tim usporava proces obuke modela. On predstavlja malu modifikaciju originalnog *multi-head self-attention* procesa. Svaka od glava (eng. *head*) Q , K , i V ima istu dimenziju $N \times C$, gde je $N = H \times W$ i predstavlja dužinu sekvence, C je broj mapa obeležja. Vrednost *self-attention* modula se procenjuje na osnovu sledeće formule:

$$\text{Attention}(Q, K, V) = \text{Softmax}\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_{\text{head}}}}\right)V \quad (1)$$

Računska kompleksnost ovog procesa je $O(N^2)$, što je veoma nepraktično u slučaju da su slike koje se dovode na ulaz modela velike rezolucije. Zbog toga se radi proces redukcije sekvence, koji je prvi put predstavljen u [3]. U okviru ovog procesa koristi se faktor redukcije R koji na sledeći način redukuje dužinu sekvence:

$$\tilde{K} = \text{Reshape}\left(\frac{N}{R}, C \cdot R\right)(K) \quad (2)$$

$$K = \text{Linear}(C \cdot R, C)(\tilde{K}) \quad (3)$$

gde je K sekvenca koju je potrebno redukovati, $\text{Reshape}(N/R, C \cdot R)(K)$ predstavlja promenu dimenzija

sekvence K sa dimenzijom $N \times C$ na dimenzije $(N/R) \times (C \cdot R)$, a $\text{Linear}(C_{\text{in}}, C_{\text{out}})(\cdot)$ se odnosi na linearni sloj koji kao ulaz prima tenzor dimenzije C_{in} , a na izlazu daje tenzor dimenzije C_{out} . Novo K koje se dobija na izlazu modula za redukciju, ima dimenzije $(N/R) \times C$. Kao rezultat dobija se smanjenje kompleksnosti modula pažnje (*self-attention*) sa $O(N^2)$ na $O(N^2/R)$.

Mix-FFN:

U okviru ovih modela, kako bi se uzela u obzir informacija o lokacijama objekata u okviru slika, koristi se Mix-FFN. On implementira konvolucionni sloj po dubini, u nastavku DWC (eng. *Depthwise Convolution*) koji koristi kernele dimenzije 3×3 i primenjuje se direktno nad izlazom iz *feed-forward* mreže (FFN). Ono što ovaj tip konvolucije razlikuje od uobičajene, jeste to što se koristi zaseban kernel za svaki od kanala ulaznog segmenta.

Ovaj modul se može definisati pomoću sledeće formule:

$$\mathbf{x}_{\text{out}} = \text{MLP}\left(\text{GELU}\left(\text{DWC}_{3 \times 3}\left(\text{MLP}(\mathbf{x}_{\text{in}})\right)\right)\right) + \mathbf{x}_{\text{in}} \quad (4)$$

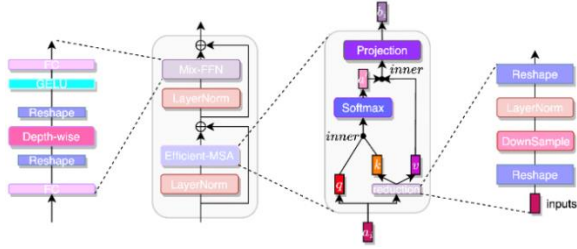
gde $\mathbf{x}_{\text{in}}$ predstavljaju obeležja iz *self-attention* modula koja se dovode na ulaz ovog modula.

2.1.3 Overlap Patch Merging

Zadatak ovog dela je da obezbedi smanjenje dimenzije mapa obeležja (na sl. 1 predstavljenih bordo pravougaonima) sa dimenzije $F_1(\frac{H}{4} \times \frac{W}{4} \times C_1)$ na $F_2(\frac{H}{8} \times \frac{W}{8} \times C_2)$ po uzoru na ideju datu u ViT modelu [4].

Kako bi se obezbedilo da nakon primene ovog algoritma ostane očuvana lokalna informacija između ovih segmenata, postoji preklapanje među njima, zbog čega se čitav proces i naziva *overlapped patch merging*. Radi sprovođenja ovog postupka, neophodno je definisati nekoliko parametara. Prvi je K koji predstavlja veličinu segmenta. Sledeći parametar jeste S , koji predstavlja pomeraj između susednih segmenata, i poslednji para-

metar je P koji ukazuje na broj piksela kojima se proširuje (eng. *padding*) ulazna mapa obeležja. U okviru modela *Segformer*-a, u zavisnosti od kompleksnosti strukture koja se koristi, ovi parametri su ili $K = 7, S = 4, P = 3$ ili $K = 3, S = 2, P = 1$.



Slika 2. Prikaz dijagrama detaljne arhitekture *Segformer* bloka [2].

2.2 All-MLP dekođer

Dekoder koji se koristi u okviru *Segformer*-a sastoji se isključivo od MLP (eng. *Multilayer Perceptrons*) slojeva kako bi se izbegli dekođer koji se inače koriste u okviru drugih metoda, a računski su veoma zahtevni. Ključni element koji omogućava korišćenje ovakvog jednostavan dekođera jeste hijerarhijski koder zasnovan na transformerima jer obezbeđuje veće efektivno receptivno polje (eng. *effective receptive field*) od CNN (eng. *Convolutional Neural Network*) koda. MLP dekođer koji se koristi sastoji se od četiri osnovna sloja. U prvom sloju, mape obeležja F_i koje su generisane u od svakog pojedinačnog MiT bloka u okviru koda, prolaze kroz linearni sloj kako bi se uskladile dimenzije kanala.

$$\hat{F}_i = \text{Linear}(C_i, C)(F_i), \forall i \quad (5)$$

Drugi sloj usklađuje dimenzije mapa obeležja tako da sve imaju istu dimenziju $\frac{H}{4} \times \frac{W}{4} \times C$, nakon čega se vrši njihova konkatencija. Mape obeležja iz prvog MiT bloka već imaju ove dimenzije, te se prosleđuju direktno u deo za konkatenciju, dok se dimenzije ostalih povećavaju.

$$\hat{F}_i = \text{Upsample}\left(\frac{H}{4} \times \frac{W}{4}\right)(\hat{F}_i), \forall i \quad (6)$$

U narednom linearni sloj stapa konkatencirane mape obeležja F .

$$F = \text{Linear}(4C, C)(\text{Concat}(\hat{F}_i)), \forall i \quad (7)$$

Na kraju se mapa obeležja F prosleđuje na ulaz još jednog linearnog sloja kako bi on napravio predikciju segmentacione maske koja ima sledeću rezoluciju $\frac{H}{4} \times \frac{W}{4} \times N_{cls}$, gde je N_{cls} broj kategorija. Formula kojom se definiše dolazak do ove segmentacione maske je:

$$M = \text{Linear}(C, N_{cls})(F) \quad (8)$$

3. BAZA PODATAKA

U okviru ove studije korišćena je baza podataka INbreast koja sadrži mamografske snimke i odgovarajuće segmentacione maske. Postoje snimci bolesnih i zdravih dojki [5]. Ukupno ima 107 snimaka bolesnih pacijenata u celoj bazi. Svi snimci su na početku iz DICOM formata prebačeni u jpg format. Snimcima su promenjene dimenzije, tako da budu $512 \times 512 \times 3$ jer je to očekivani ulaz mreža koje su korišćene. Nad svim slikama je primenjena ekvalizacija histograma, dok je nad slikama iz trening skupa pored ekvalizacije primenjena

još i rotacija i CLAHE (adaptivna ekvalizacija histograma) kako bi se povećao skup slika za obuku.

4. OBUKA MODELA

Baza podataka je podeljena na pet približno jednakih delova kako bi se mogli obučiti pet različitih modela, gde se za svaki selektuju različiti skupovi za test i validaciju, a ostatak se koristi za trening. Pri podeli baze se vodilo računa da se svi podaci jednog pacijenta nalaze u okviru istog dela. Na kraju se za procenu performansi modela koristi prosečna vrednost korišćenih mera tačnosti radi dobijanja pouzdanijih rezultata.

Postoji nekoliko modela *Segformer*-a koji se razlikuju po složenosti arhitekture i broju slojeva koje imaju. Najjednostavniji je MiT-B0 a najsloženiji je MiT-B5. Jedina izmena u odnosu na polaznu arhitekturu je ta da je prilagođen broj klasa na 2 (1 lezija, 0 nije lezija).

4.1. Korišćeni parametri i mere uspešnosti

Svi modeli su obučavani 100 epoha (što je na osnovu krive funkcije cene i Jaccardovog indeksa na validacionom skupu u zavisnosti od broja epoha, pokazalo više nego dovoljno). Za funkciju cene izabrana je binarna uzajamna entropija. Optimizator koji je korišćen je *Adam* sa brzinom učenja 6×10^{-5} . Mere tačnosti koje su korišćene pri selekciji najboljeg modela su *Jaccard Index* i *Dice Score*. Definicije ovih metrika date su sledećim formulama:

$$\text{Jaccard} = \frac{A \cap B}{A \cup B} \quad (9)$$

$$\text{Dice} = \frac{2 \cdot (A \cap B)}{|A| + |B|} \quad (10)$$

gde smatramo da je A maska koja je predviđena od strane modela, a B predstavlja masku koja je istinita.

U okviru svakog procesa obuke na kraju je izabran kao konačni model onaj koji je dao najbolju *Jaccard Index* meru uspešnosti na validacionom skupu.

5. REZULTATI

Za sve nivoe složenosti arhitekture, trenirano je po pet različitih modela, kao što je ranije navedeno. U tabeli 1, dat je pregled vrednosti prosečnih mera uspešnosti, za sve modele koji su trenirani, kao i broj parametara svakog modela. Vrednosti koje su prikazane odnose se na uspešnost klasifikacije piksela koji pripadaju klasi lezija.

Analizirajući dobijene rezultate, uočavamo da se prosečne vrednosti dobijenih metrika povećavaju do MiT-B3 modela, dok nakon njega, za modele MiT-B4 i MiT-B5, se smanjuju. Do toga verovatno dolazi usled toga što komplikovanije arhitekture imaju mogućnost da zapaze specifične karakteristike koje ne oslikavaju celu klasu, i samim tim je lošija generalizacija. Najlošije rezultate daje MiT-B0, koji ima najjednostavniju arhitekturu i najmanje parametara.

Na slici 3, prikazana je originalna slika, konture očekivane segmentacije zelenom bojom, i segmentacije predviđene od strane modela, crvenom bojom. Uočava se da je model pored lezije segmentovao i još jedan deo tkiva. Ovo je greška koja se uočava na određenom broju slika, koju verovatno uzrokuje sličnost u strukturi tkiva. Ono što je dobro u ovakvim slučajevima jeste to što tumor jeste detektovan i to sa velikom preciznošću.

Tabela 1. Prikaz dobijenih rezultata i mera uspešnosti za svaki od modela i broj parametara modela

		Jaccard Index	Dice Score	Broj parametara
MiT-B0	1	54.96%	81.84%	3.8 M
	2	54.03%	82.29%	
	3	42.59%	76.31%	
	4	51.15%	80.93%	
	5	49.82%	79.07%	
Prosečna vrednost		50.51%	80.09%	
MiT-B1	1	51.31%	80.03%	13.7 M
	2	62.17%	86.20%	
	3	51.92%	81.05%	
	4	59.34%	85.45%	
	5	46.67%	77.43%	
Prosečna vrednost		54.28%	82.03%	
MiT-B2	1	58.07%	83.80%	27.5 M
	2	64.11%	86.94%	
	3	54.65%	82.27%	
	4	64.04%	87.59%	
	5	49.05%	78.46%	
Prosečna vrednost		57.98%	83.81%	
MiT-B3	1	58.94%	84.73%	47.3 M
	2	73.35%	91.99%	
	3	62.57%	86.27%	
	4	61.22%	86.16%	
	5	50.24%	78.70%	
Prosečna vrednost		61.26%	85.57%	
MiT-B4	1	58.00%	84.16%	64.1 M
	2	72.63%	90.76%	
	3	58.14%	83.16%	
	4	62.51%	86.79%	
	5	51.42%	79.45%	
Prosečna vrednost		60.54%	84.86%	
MiT-B5	1	61.11%	85.54%	84.7 M
	2	55.06%	81.87%	
	3	58.59%	83.51%	
	4	64.66%	87.64%	
	5	53.82%	80.11%	
Prosečna vrednost		58.65%	83.73%	

Iako MiT-B3 daje najbolje rezultate, treba napomenuti da on ima oko dvanaest puta više parametara od MiT-B0 što u značajnoj meri utiče na brzinu modela.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je detaljno analizirana arhitektura *Segformer* modela i opisan je svaki od modula koji se u njoj nalazi. U nastavku je prikazano kako se ovaj model može prilagoditi na bazu mamografskih snimaka INBreast kako za potrebe segmentacije lezija. Na kraju su prikazani,



Slika 3. Primer gde je model pored lezije označio i još jedan deo tkiva lezijom. Očekivana segmentacija je označena zelenom bojom, predviđena crvenom. Predviđanje MiT-B3 modela.

opisani i upoređeni rezultati koji su dobijeni sa MiT B0-B5 modelima. Broj slika koje su bile dostupne za obuku modela je veoma mali, te bi sa povećanjem ovog skupa rezultati verovatno mogli biti značajno bolji. Rezultati koji su postignuti sa MiT-B3 bolji su od svih ostalih modela, dok MiT-B0 daje najlošije rezultate, koji se po *Jaccard Index*-u razlikuju od najboljeg modela za čak 10.75%.

7. LITERATURA

- [1] E. Xie, W. Wang et al., "SegFormer: Simple and Efficient Design for Semantic Segmentation with Transformers," *arXiv* (Cornell University), Dec. 2021, doi: <https://doi.org/10.48550/arxiv.2105.15203>
- [2] K. H. Zhang0_0, "An Overview of Segformer and Details Description," GitHub, Apr. 15, 2023. <https://github.com/ACSEKevin/An-Overview-of-Segformer-and-Details-Description> (accessed Apr. 26, 2023).
- [3] W. Wang et al., "Pyramid Vision Transformer: A Versatile Backbone for Dense Prediction without Convolutions," *IEEE Xplore*, Oct. 01, 2021. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9711179>
- [4] A. Dosovitskiy, L. Beyer, A. Kolesnikov, D. Weissenborn, et al. "An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale," *arXiv*, 2020.
- [5] I. C. Moreira, I. Amaral, I. Domingues et al. "INbreast: toward a full-field digital mammographic database," *Academic Radiology*. 2012 Feb;19(2):236-48. doi: 10.1016/j.acra.2011.09.014. Epub 2011 Nov 10. PMID: 22078258.

Kratka biografija:



Jovana Kljajić rođena je u Somboru 1999. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Komunikacione tehnologije i obrada signala odbranila je 2023.god.
kontakt: jovana.kljajic18@gmail.com

HIDRAULIČKA ANALIZA ODVOĐENJA UPOTREBLJENIH VODA NASELJA KUKUJEVCI**HYDRAULIC ANALYSIS ABOUT EVACUATION OF WASTE WATER FROM TOWN KUKUJEVCI**Marko Prodanović, Goran Jeftenić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj - U ovom radu su definisani osnovni elementi kanalizacije otpadnih voda za naselje Kukujevci. Urađeni su potrebni hidraulički proračuni za povučene trase kanalizacione mreže i usvojene potrebne dimenzije osnovnih objekata mreže. Prilikom proračuna uzeta je u obzir i buduća planirana količina otpadne vode koja će doticati iz naselja Erdevik i Bingula.

Ključne reči: Kanalizacija, otpadne vode, hidraulički proračun.

Abstract – In this paper, the basic elements of the sewage system for the town Kukujevci were defined. Necessary hydraulic calculations were made for the route of the sewage network and the necessary dimensions of the network's basic facilities were defined. During the calculation, the future planned amount of waste water that will flow from towns Erdevik and Bingula was also taken into account.

Keywords: Sewage systems, waste water, hydraulic calculation

1. UVOD

Projektom je obuhvaćena kanalizacija otpadnih voda za celokupno naselje Kukujevci sa odvodnim cevovodom do uređaja za prečišćavanje otpadnih voda u južnom delu naselja (definisan je samo položaj prečištača i on se dalje od toga neće obrađivati u ovom radu).

Trenutno stanje je takvo da se opadne vode odvođe putem septičkih jama koje su vodopropusne usled čega dolazi do zagađenja podzemlja. Iz tog razloga potrebno je uraditi kanalizacionu mrežu za odvođenje otpadnih voda čime će se znatno poboljšati uslovi za život građana i zaštititi životna sredina. Potrebno je definisati trasu kolektora i usvojiti potrebne dimenzije cevi koje će odvoditi otpadnu vodu iz domaćinstava i industrije u obližnji meliorativni kanal (sa prethodnim tretmanom na pomenutom postrojenju za prečišćavanje otpadnih voda).

Predmet rada je definisanje i dimenzionisanje osnovnih objekata za odvođenje otpadnih voda u naselju Kukujevci (uz dodatni doticaj iz Erdevika i Bingule).

2. HIDRAULIČKA ANALIZA ODVOĐENJA UPOTREBLJENIH VODA**Opis izabranog rešenja odvođenja otpadnih voda**

Obrađena je kanalizaciona mreža naselja Kukujevci unutar granica građevinskog reona, kojom evakuisane upotrebljene vode gravitiraju ka lokaciji definisanoj za ispuštanje upotrebljenih voda u recipijent. Krajnji recipijent prečišćenih upotrebljenih voda je meliorativni kanal.

Ovim rešenjem kanalizacione mreže, predviđeni su glavni (primarni) kolektori i njima pripadajuće deonice-sekundarni kolektori.

Takođe, predviđen je i odgovarajući broj crpnih stanica koje imaju ulogu podizanja vode (da bi se izbegle velike dubine ukopavanja cevovoda). Ovo rešenje zahteva i 278.3m potisnog cevovoda.

Kanalizaciona mreža naselja Kukujevci se sastoji od:

1. glavnih kolektora (primarnih kolektora)
2. sekundarnih kolektora - deonice
3. crpnih stanica (proračunom su predviđene 2 crpne stanice)
4. potiskog cevovoda
5. ostalih objekata na mreži (revizionih okana, kućnih priključaka, muljnih ispusta, vazdušnih ventila)

U naselju Kukujevci usvojena je početna dubina ukopavanja od 1.4 m od kote terena do kote nivelete cevi na deonici, a maksimalna dubina iskopa iznosi oko 4 m. Kao cevni materijal izabrane su PVC cevi kompanije Peštan.

Minimalne i maksimalne brzine tečenja upotrebljene vode u kanalizacionim kolektorima

U sistemima za odvodnju otpadnih voda nisu poželjne ni male ni velike brzine tečenja. Male brzine pogoduju taloženju suspendovanih materija i mogućnosti začepjenja profila, a usled velikih brzina dolazi do abrazije cevi (delovanjem suspenzija u vodi). Iz tih razloga se sprovodi ograničenje minimalnih i maksimalnih brzina tečenja otpadne vode u sistemima za odvodnju otpadnih voda.

$$V_{min} = 1.57 * R^{\frac{1}{n}}$$

$$n = 3.5 + 0.5 * R$$

gde je:

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Goran Jeftenić.

R - hidraulički radijus cevi

U mnogim slučajevima je teško zadovoljiti ove veličine najmanjih brzina, pa se dopuštaju i manje brzine tečenja upotrebene vode u kanalizacionim cevima.

Brzina tečenja upotrebene vode u kanalizacionim sistemima takođe treba biti i manja od određene maksimalne vrednosti radi eliminisanja habanja cevi i spojeva, uzrokovanog delovanjem suspenzija u otpadnoj vodi. Pri velikim brzinama protoka, atmosferske vode su po pravilu dodatno opterećene materijalom koji izaziva habanje kanalizacionih cevi. Obično je maksimalna dozvoljena brzina (v_{max}) u plastičnim kanalizacionim cevima[1]:

$$V_{max} = 5.0 \text{ m/s}$$

Minimalno padovi dna cevovoda

Kod polaganja „PEŠTAN” kanalizacionih cevi posebnu pažnju treba posvetiti podužnom padu cevi pogotovo minimalnom. S obzirom da je tečenje u kanalizacionim kolektorima gravitaciono i da se u upotrebnoj (otpadnoj) vodi nalazi određena količina vučenog nanosa (suspendovanih čestica), minimalni podužni pad predstavlja onaj nagib cevi koji, pri gravitacionom tečenju upotrebne vode, obezbeđuje potrebnu energiju za vučenje nanosa odnosno koji sprečava istaložavanje suspendovanih čestica u cevovodima.

Minimalni podužni padovi mogu se dobiti korišćenjem određenih empirijskih obrazaca, a obrazac koji se najčešće koristi u domaćoj i stranoj inženjerskoj praksi je: $I_{min} = 1/d$ d-unutrašnji prečnik

Tabela 1. Minimalni padovi u zavisnosti od klase cevi

DN	Klasa cevi	d (mm)	I_{min} (‰)
110	SN4, SN8	103,6	9.65
125	SN4	118,6	8.43
125	SN8	117,6	8.5
160	SN2	153,6	6.51
160	SN4	152	6.58
160	SN8	150,6	6.64
200	SN2	192,2	5.2
200	SN4	190,2	5.26
200	SN8	188,2	5.31
250	SN2	240,2	4.16
250	SN4	237,6	4.21
250	SN8	235,4	4.25
315	SN2	302,6	3.3
315	SN4	299,6	3.34
315	SN8	296,6	3.37
400	SN2	384,2	2.6
400	SN4	380,4	2.63
400	SN8	376,6	2.66
500	SN2	480,4	2.08
500	SN4	475,4	2.1
500	SN8	470,8	2.12

Merodavne količine otpadne vode za dimenzionisanje kanalizacionih kolektora

Osnovni parametar za dimenzionisanje kanalizacionih kolektora jeste količina upotrebljenih voda koja se odvodi cevovodima gravitacionim putem, sa slobodnim nivoom vodenog ogledala. Količina upotrebljenih voda se izražava preko specifičnog dotoka otpadnih voda. Specifični dotok otpadne vode (srednje specifično oticanje) qsp. se definiše kao srednji dnevni dotok otpadne vode po jednom stanovniku. U slučajevima kada se specifični dotok otpadnih voda računa na osnovu podataka o potrošnji vode, treba imati u vidu da se deo pitke vode troši na namene koje ne podležu odvodnji (voda za piće, pranje vozila, gubici na vodovodnoj mreži, pojenje krupne i sitne stoke itd.). Ispitivanjima je utvrđeno da specifični dotok otpadnih voda u proseku iznosi 85-90 % specifične dnevne potrošnje vode.

Specifična potrošnja vode q_{spec} za naselja Kukujevac, Erdevik i Bingula izračunata je na osnovu podataka o godišnjoj potrošnji vode stanovništva i privrede, dobijenih od opštine Šid.

Kanalizaciona mreža se projektuje i dimenzioniše na maksimalno časovno opterećenje (na maksimalni časovni protok otpadnih voda) $Q_{max,č}$ odnosno na opterećenje u udarnom času dana sa najvećom produkcijom otpadne vode:

$$Q_{max,h} = k_{max,dn} \cdot k_{max,h} \cdot Q_{sr,dn}$$

gde je:

$Q_{max,h}$ - maksimalni časovni dotok upotrebne vode (l/s)

- $k_{max,dn}$ - maksimalni koeficijent dnevne neravnomernosti
- $k_{max,h}$ - maksimalni koeficijent časovne neravnomernosti
- $Q_{sr,dn}$ - srednji dnevni protok upotrebne vode

Tabela 2. Koeficijenti dnevne i časovne neravnomernosti[2]

Tip naselja	$K_{max,dn}$	$K_{max,h}$
Banje, letovališta	1.7	2.5
Sela i gradovi do 10.000 stanovnika	1.6	2.0
Gradovi do 25.000 stanovnika bez industrije	1.5	1.7
Gradovi do 25.000 stanovnika sa industrijom	1.4	1.4
Gradovi od 50.000 do 100.000 stanovnika	1.3	1.3
Gradovi preko 100.000 stanovnika	1.25	1.2

Usvojene vrednosti:

- $k_{max,dn} = 1.6$
- $k_{max,h} = 2$

Na osnovu analize potrošnje vode domaćinstva, planirane industrije i infiltracije izvršen je hidraulički proračun kanalizacionih kolektora i usvojene potrebne dimenzije cevi, potrebni padovi, brzine i protoci u cevima.

Na mestima velikih ukopavanja cevi postavljene su crpne stanice. Proračunom su predviđene 2 crpne stanice.

Usvajaju se dve pumpe u crpnom bazenu, jedna radna i jedna rezervna. Usvojeni kapaciteti crpnih stanica su:

Za CS1: $Q = 45.42 \text{ l/s}$

Za CS2: $Q = 5.22 \text{ l/s}$

Za CS1 Usvaja se potapajuća, centrifugalna pumpa za otpadnu vodu tip: Xylem Flygt NP 3127 MT3~adaprive 437. Kapacitet pumpe $Q=45.9 \text{ l/s}$, $H=9.15 \text{ m}$.

Za CS2 Usvaja se potapajuća, centrifugalna pumpa za otpadnu vodu tip: Xylem Flygt DP 3069 LT 3~412. Kapacitet pumpe $Q=6.21 \text{ l/s}$, $H=5.35 \text{ m}$.

Programski paket EPA SWMM [3]

Hidraulički proračun odvođenja upotrebljenih voda je izvršen pomoću programskog paketa EPA SWMM [3].

EPA Storm Water Management Model (SWMM) je dinamički, fizički baziran model kojim se simulira proces transformacije padavina u oticaj. Može se koristiti za simulaciju jednog događaja ili za kontinualnu simulaciju količine i kvaliteta oticaja, primarno sa urbanih površina. Program je podeljen na komponente (metode proračuna) kojima se modeliraju određene faze procesa, kao što je površinski oticaj ili tečenje u cevima.

Podaci o mreži

Za projektovanu kanalizacionu mrežu prikazani su sledeći podaci:

- dužina kolektora,
- oblik kolektora,
- podužni nagib kolektora.
- čvorovi mreže
- kote terena
- kote dna kanala

Za proračun tečenja u mreži izabran je model dinamičkog talasa sa promenljivim vremenskim korakom.

Programski paket Urbano Canalis

Urbano Canalis je softverski paket za projektovanje kanalizacionih sistema koji rade u bilo kojoj Autodesk platformi [4]. Softver radi unutar AutoCad, AutoCad MAP ili AutoCad Civil 3D i može lako da razmenjuje podatke sa AutoCad-om Civil 3D-om i može se koristiti u složenim projektima infrastrukture.

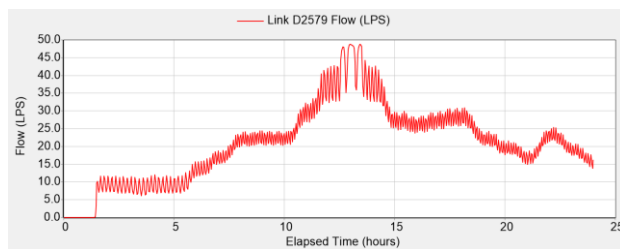
Digitalni modeli terena razvijeni u AutoCad Civil 3D mogu biti osnova za proračun nadmorske visine terena u okviru Urbano Canalis.

Efikasnost korišćenja Urbano Canalis softvera za projektovanje atmosferskih voda i kanalizacionih sistema je postignuta tako što je:

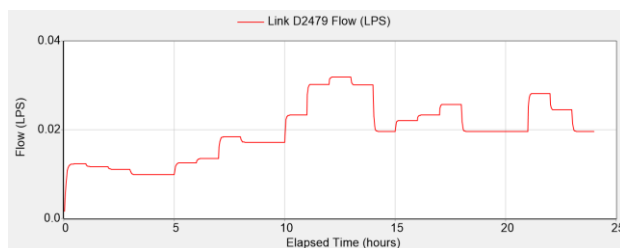
- Manje vremena utrošenog na kreiranje crteža
- Prilagođeno predstavljanje i prikazivanje informacija
- Završni crteži izrađeni u “.dwg” formatu što je najopštije prihvaćeni format datoteke za građevinske inženjere.

3. REZULTATI PRORAČUNA

Hidrogrami promene protoka



Slika 1. Hidrogram promene protoka u deonici D2579 (deonica sa najvećim protokom na kraku K0)

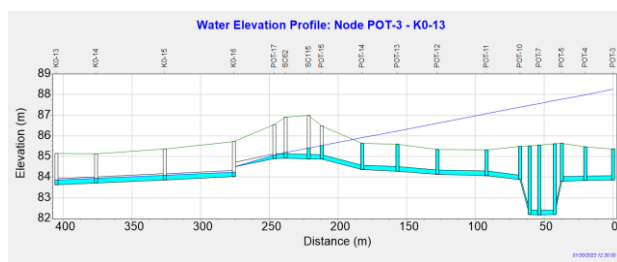


Slika 2. Hidrogram promene protoka u deonici D2479 (deonica sa najmanjim protokom na kraku K1)

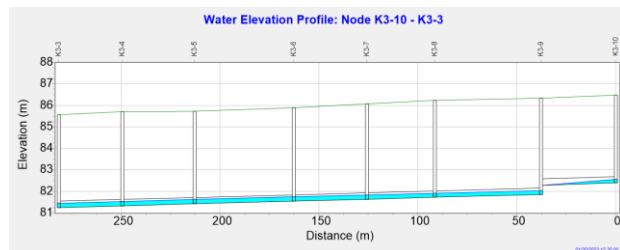
Karakteristični podužni profili

Prilikom modeliranja oticaja otpadnih voda najveći proticaji (najveći koeficijenti časovne neravnomernosti) su usvojeni u 12:00. Takođe oticaj od industrije je maksimalan u 12:00.

Podužni profili su pokazani u 12:30 jer je otpadnoj vodi potrebno vremena da postigne maksimalnu ispunjenost.



Slika 3. Podužni profil deonice na kraku K0



Slika 4. Podužni profil deonice na kraku K3

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je sagledano celovito jedno naselje. Ovakve hidrauličke analize su neophodne pri planiranju radova

jednog naselja i trebalo bi da se koriste i za izradu urbanističkih planova.

Ovakve analize predstavljaju generalna rešenja infrastrukture za svako naselje.

Ukupna dužina projektovanog kolektora otpadnih voda iznosi $L=13896.3$ m. Od toga $L=13618$ m je gravitacija, a 278.3 m je potisni cevovod.

Bitno je napomenuti da zbog postojanja otvorenih zemljanih kanala, naročito u severnom delu naselja, bilo neophodno niveletu kanalizacije dublje ukopati čak i u najuzvodnijim delovima trase, što je rezultovalo većim dubinama ukopavanja na predmetnim deonicama.

5. LITERATURA

- [1] Бранислав Кујунџић: „ Урбани системи за одвођење отпадних вода“, Београд, 2001.
- [2] Snabdevanje vodom i kanalisanje naselja Miloje Milojevic 1995
- [3] Ana Mijić: Primena programskog paketa SWMM za modeliranje oticaja sa urbanih slivova.
- [4] Studio ARC Hrvatska – Urbano Canalis – Modul, Specijalizovana aplikacija za projektovanje sistema otpadnih voda

Kratka biografija:



Marko Prodanović rođen je u Novom Sadu 1990. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo - Hidrotehnika odbranio je 2023. godine.

**ПРОРАЧУН АБ КОНСТРУКЦИЈЕ ПРЕМА EN И ПРОЦЕНА СЕИЗМИЧКОГ
ОДГОВОРА PUSHOVER АНАЛИЗОМ****RC STRUCTURE DESIGN IN ACCORDANCE WITH EN AND ASSESSMENT OF
SEISMIC RESPONSE BY PUSHOVER ANALYSIS**

Миљан Дејић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У раду се у првом кораку спроводи линеарно-еластична анализа конструкције према Еврокоду, одређују напрезања делова конструкције, димензионишу пресеци, проверава померање конструкције и врши конструисање детаља тако да се обезбеди претпостављена вредност дуктилности конструкције. Овај део прорачуна спроведен је у програму „Tower 8”. Са тако дефинисаним детаљима армирања спроводи се нелинеарна статичка - „Pushover” анализа. Формира се нелинеарни модел, дефинишу носивости пластичних зглобова, чија је диспозиција претходно претпостављена, а затим се одређује носивост на хоризонтална оптерећења, ток и капацитет деформација. Конкретно, прати се развој формирања механизма, редослед отварања зглобова, одређују се циљна померања и криве капацитета, за два правца и две расподеле бочног оптерећења. Нелинеарна статичка анализа је спроведена у програму „Etabs 18”.

Кључне речи: Нелинеарна статичка анализа, Процена сеизмичког одговора, циљно померање, крива капацитета, Еврокод

Abstract – In this paper, in the first step, a linear-elastic analysis of the structure according to Eurocode is carried out, internal forces of elements are determined, sections are designed, the displacement of the structure are checked and reinforcement details are defined to ensure the assumed value of the ductility of the structure. This part of the calculation is carried out in the „Tower 8” software. With such defined reinforcement details, a nonlinear static - Pushover analysis is carried out. A nonlinear model is formed, the load capacities of the plastic hinges are defined with previously assumed position, load capacity for horizontal loads, and then deformation capacity is determined. In particular, gradual emergence of plastic hinges, the evolution of the plastic mechanism, estimation of target displacements and determination the capacity curves. Nonlinear static analysis was carried out in the Etabs 18 software.

Keywords: Nonlinear Static Analysis, Assessment of Seismic Response, Target displacements, Capacity curve Eurocode

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је била др Александра Радујковић, доцент.

1. УВОД

С обзигом на карактер сеизмичког оптерећења сеизмички отпорне конструкције пројектују се са тежњом да се објекат не одупире сеизмичком дејству својом крутошћу и носивошћу већ дуктилношћу, односно да се значајно пластично деформише. Према ЕН 1998-1 основни захтев при пројектовању и извођењу конструкција јесте да конструкција издржи пројектно сеизмичко дејство без локалног или глобалног рушења, а у случају сеизмичког дејства веће вероватноће појаве у односу на пројектно, без појаве оштећења.

При примени линеарно-еластичне анализе могућност пластичног деформисања се постиже редуkcијом носивости при чему се користи скуп прописаних правила, захтева и контрола како би конструкција могла да издржи максимално глобално померање. Скуп правила заснива се на „програмираном понашању” и води ка конструкцијама са јаким стубовима и slabим гредима што омогућава формирање пластичних зглобова на крајевима греда и само у укљештењима стубова у темељ. Међутим, понашање конструкције зависи од интеракције многобројних параметара па је за реалнију процену неопходна примена неке од нелинеарних метода. У овом раду је у ту сврху примењена нелинеарна статичка - pushover анализа.

2. ОПИС КОНСТРУКЦИЈЕ

Објекат се налази у Книћу. Основна носећа конструкција објекта је скелетна, армиранобетонска, са стубовима, гредима, АБ зидовима и пуним међуспратним таваницама. АБ зидови се налазе у крајњим осама попречног правца (Слика 1) по два са сваке стране. Пружају се комплетном висином објекта без промене попречног пресека димензија 20/400 cm.

У крајњим осама подужног правца формирани су рамови од стубова 40/80cm и греда 35/55 cm. Таванице су дебљине 20cm и на крајевима у попречном правцу се ослањају се на рамове, а у подужном правцу на зидове и стубове. На осталим местима таванице се ослањају директно на стубове димензија 40/40cm. Објекат је спратности ПР+6, спратне висине 320cm на свим нивоима. Растери оса су 4x6 m у подужном правцу и 4x4 m у попречном правцу. Сви елементи су од бетона класе C30/37, а арматура од челика B500B.

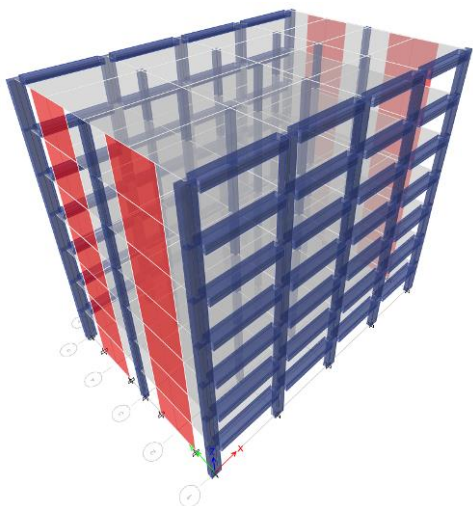
3. АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА

Сопствена тежина елемената обухваћена је аутоматски на основу димензија попречног пресека елемената и запреминске тежине. Додатно стално оптерећење усвојено је према дефинисаним слојевима пода и опреме и на крову износи $3,0 \text{ kN/m}^2$, а на осталим таваницама $2,0 \text{ kN/m}^2$.

Корисно оптерећење усвојено је категорије В, намењене канцеларијском простору, на свима таваницама. Усвојен интензитет је $2,5 \text{ kN/m}^2$.

Дејство снега дефинисано је интензитета $1,0 \text{ kN/m}^2$.

Сеизмичко дејство описано је преко хазарда $a_g=0,2g$ референтног максималног убрзања тла за дату локацију.



Слика 1. 3D модел објекта

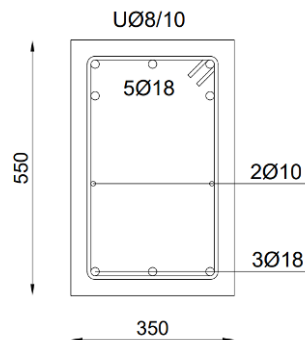
4. МОДЕЛИРАЊЕ КОНСТРУКЦИЈЕ И ОПТЕРЕЋЕЊА

Како су спроведене линеарна и нелинеарна анализа, формирана су и два одговарајућа модела за ове анализе. Код линеарног модела греде су моделиране као линијски ентитети правоугаоног попречног пресека, без узимања у обзир садејствујуће ширина плоче код дефинисања попречног пресека, што је код линеарних модела уобичајено. Савојна и смичућа крутост греда редукована је на половину, а торзиона на десетину вредности која одговара бруто пресеку. Стубову су моделирани линијским ентитетима правоугаоног и квадратног пресека, савојна и смичућа крутост редукована им је на половину. Стубови су укљештени у темеље апсолутне крутости. Плоче и зидови моделирани су површинским ентитетима, редукована им је савојна и смичућа крутост на половину. Зидови су такође укљештени у темеље.

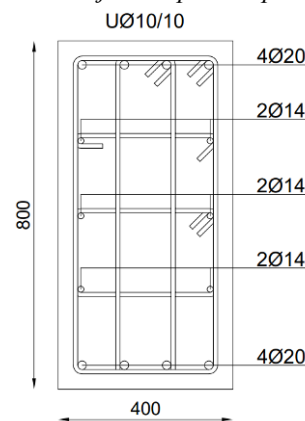
Утицаји од сеизмичког дејства одређени су мулти-модалном анализом, где се укупни утицаји добијају

комбиновањем утицаја појединачних модова СQC методом. Утицаји се добијају из пројектног спектра укључујући фактор понашања q . Прорачун обухвата и утицај случајне торзије ексцентрисањем центра масе. Објекат се пројектује за средњу класу дуктилности DCM те су вредности фактора понашања 3,9 за Х правац и 3,0 за Y правац дејства земљотреса.

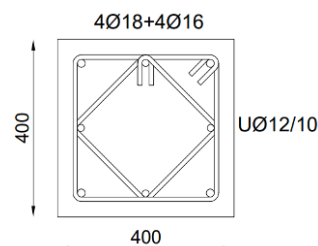
На основу линеарне статичке анализе диментионисани су елементи конструкције, Слика 2,3,4,5.



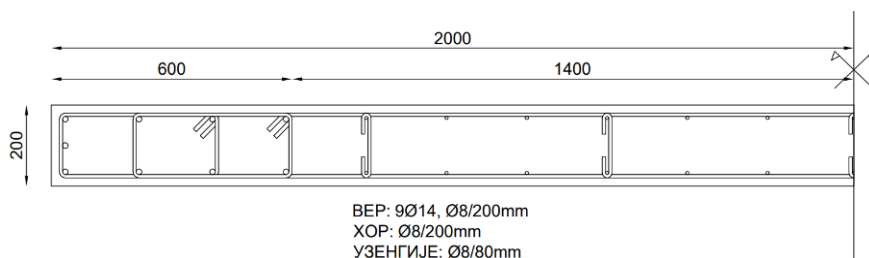
Слика 2. Усвојен попречни пресек греда



Слика 3. Усвојен попречни пресек стубова 80x40



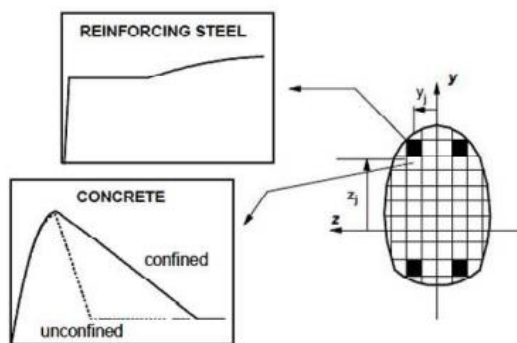
Слика 4. Усвојен попречни пресек стубова 40x40



Слика 5: Усвојен попречни пресек зидова

У нелинеарном моделу обухваћена је материјална и геометријска нелинеарност. Материјална, моделом концентрисане пластичности, пластичним зглобовима на крајевима стубова и греда, а код зидова на сваком спрату као зглоб површинског елемента. Еластичном делу конструкције (ван пластичних зглобова) редукована је крутост на половину као и у линеарном моделу. Геометријска нелинеарност обухваћена је ефектима Р-Δ.

Код стубова и зидова примењен је влакнасти модел пластичног зглоба. Пресек се дели на влакна неутегнутог бетона, утегнутог бетона и арматуре тако да је однос сила-деформација у пресеку изведен интеграцијом односа напон-дилатација за влакно. Нелинеарно понашање зглоба проистиче искључиво из нелинеарне везе напон-дилатација бетонског и челичног влакна [1].



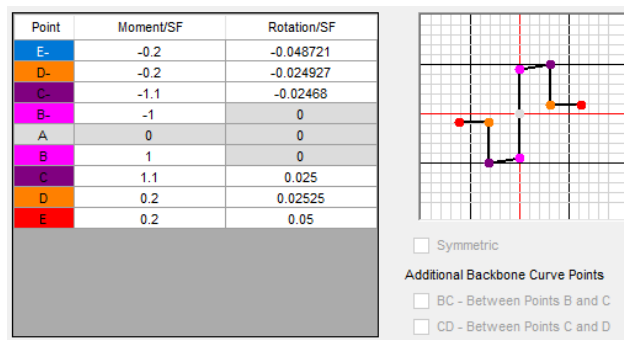
Слика 6. Влакнасти модел попречног пресека

Закон понашања пластичног зглоба греде дефинисан је нелинеарним односом момент-ротација Слика 7.

У нелинеарном моделу је, за разлику од линеарног, узета у обзир садејствујућа ширина плоче, код дефиниције попречног пресека греде.

Таванице су моделиране као круте дијафрагме у својој равни и обухваћен је ефекат случајне торзије, а маса конструкције узета је из сеизмичке комбинације $G+0,3P$.

За сваки од праваца дефинисана су по два обрасца бочног оптерећења. Један је равномерно расподељено, а други модални облик обликован према првом тону осциловања за сваки од праваца. Обзиром да је конструкција двоосно симетрична у основи, нису анализирани алтернативни смерови дејстава бочног оптерећења.



Слика 7. Дијаграм момент-ротација пластичног зглоба греде

5. PUSHOVER АНАЛИЗА

Pushover анализа спроведена је под условима константног гравитационог оптерећења и монотонно растућег бочног оптерећења које симулира инерцијалне силе од сеизмичког дејства.

Како расте бочно оптерећење прати се постепено настајање пластичних зглобова, њихов развој и деформација, у функцији интензитета бочног оптерећења и резултујућег померања врха зграде [3]. Крајњи резултат *pushover* анализе је одређивање механизма лома конструкције услед сеизмичког оптерећења.

На основу *pushover* анализе одређује се применом N2 методе циљно померање конструкције. Циљно померање се дефинише као сеизмички захтев и представља процену максималног померања врха објекта при дејству пројектног земљотреса.

Глобални одговор конструкције при нелинеарној анализи дат је помоћу криве капацитета која се добија као *pushover* крива до вредности 150% циљног померања и даје зависност смичуће силе у основи и померања контролне тачке (врха зграде).

6. РЕЗУЛТАТИ ПРОРАЧУНА

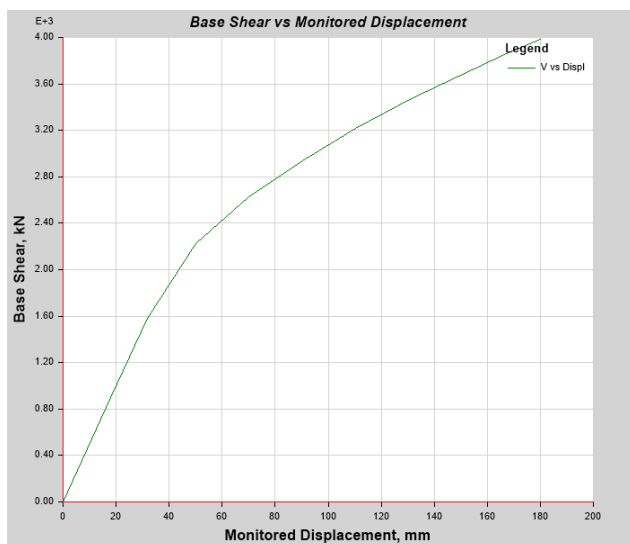
Процењене вредности циљног померања за два облика бочног оптерећења и два правца дате су у табели 1.

На сликама 8,9,10 и 11 приказане су криве капацитета за X и Y правац и оба обрасца бочног оптерећења.

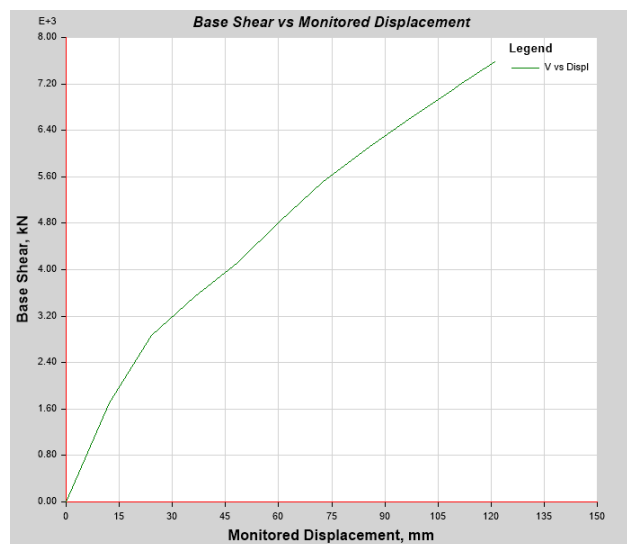
Табела 1: Процењене вредности циљног померања за два облика бочног оптерећења и два правца

Модални образац бочног оптерећења						
расподела	X модална			Y модална		
правац	X	Y	$X + 0,3 Y$	X	Y	$0,3 X + Y$
d_t	118,83 mm	*3,17 mm	119,78 mm	*8,76 mm	87,57mm	90,20 mm
$1,5 d_t$	178,25 mm	4,76 mm	179,67 mm	13,14 mm	131,36 mm	135,29 mm
Равномерно расподељени образац бочног оптерећења						
расподела	X равномерна			Y равномерна		
правац	X	Y	$X + 0,3 Y$	X	Y	$0,3 X + Y$
d_t	96,73 mm	*1,99 mm	97,33 mm	*5,32 mm	78,81 mm	80,41 mm
$1,5 d_t$	144,65 mm	2,99 mm	146,00 mm	7,98 mm	118,22 mm	120,61 mm

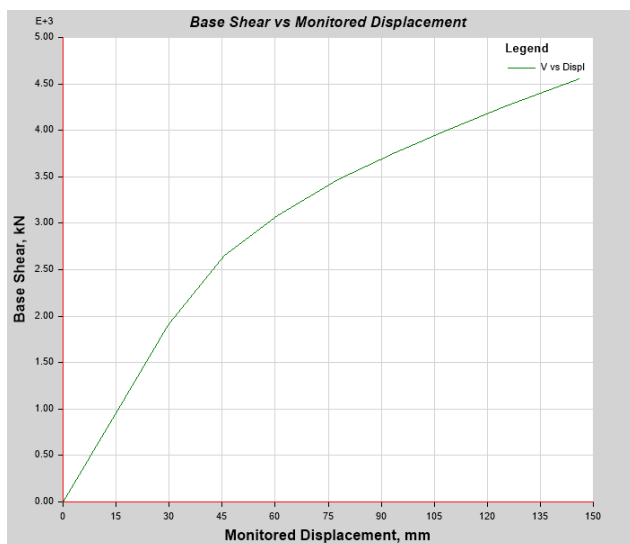
*- одговарајуће померање из модела



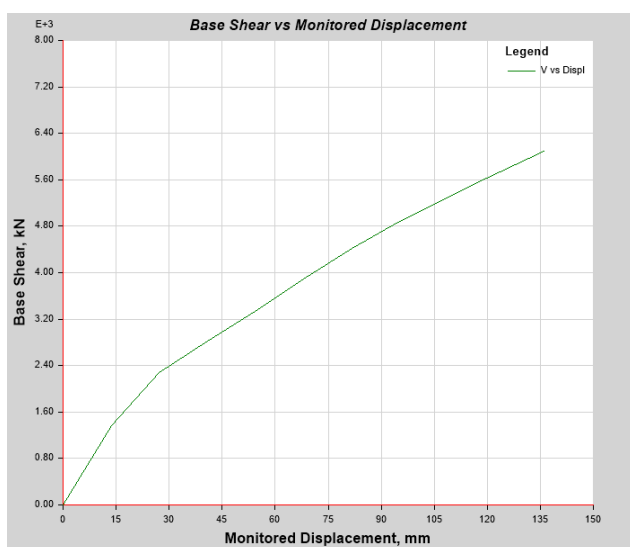
Слика 8: Крива капацитета за X-правац модална расподела ($d_m=179,67\text{mm}$, $F_b=3998\text{kN}$)



Слика 11: Крива капацитета за Y-правац равномерна расподела ($d_m=120,61\text{mm}$, $F_b=7578,65\text{kN}$)



Слика 9: Крива капацитета за X-правац равномерна расподела ($d_m=146,00\text{mm}$, $F_b=4551,34\text{kN}$)



Слика 10: Крива капацитета за Y-правац модална расподела ($d_m=135,29\text{mm}$, $F_b=6098\text{kN}$)

7. ЗАКЉУЧАК

ЕН прописи дозвољавају одређивање сеизмичких утицаја на основу линеарно еластичног понашања конструкције али је за реалнију процену неопходна примена нелинеарних метода. У овом раду је у ту сврху примењена нелинеарна статичка (Pushover) анализа.

Основни захтев *Pushover* анализе јесте достизање циљног померања (померања које одговара пројектном земљотресу) и могућност померања врха зграде до вредности 150% циљног померања [2] (у случају провере стања које непосредно предходи лому). На основу приказаних резултата може се закључити да већа циљна померања се јављају при модалној расподели бочног оптерећења док су при равномерној расподели веће вредности смичућих сила у основи.

Анализирана конструкција димензионисана према ЕН испуњава сеизмички захтев и показује додатни капацитет. Може се закључити да је дуктилност померања обезбеђена.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Александра Радујковић: Анализа параметара за процену сеизмичког одговора вишеспратних армиранобетонских оквира, Нови Сад, 2015
- [2] ЕН1998-1:2004 Еврокод 8 – Прорачун сеизмички отпорних конструкција, Београд, 2009
- [3] Michael N. Fardis: Seismic design, assessment and retrofitting of concrete buildings, Springer Netherlands 2009

Кратка биографија:



Миљан Дејић рођен је у Београду 1994. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства – Сеизмичка анализа конструкција одбранио је 2023.год.

Контакт: miljandejic@gmail.com

**UPOTREBA RAČUNARSKIH SOFTVERA ZA PROJEKTOVANJE PUTEVA –
PRIMER SOFTVERSKOG PAKETA PLATEIA****USING COMPUTER SOFTWARE FOR ROAD DESIGN –
EXAMPLE OF PLATEIA SOFTWARE PACKAGE**

Стефан Вељовић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У раду се детаљно обрађују теоријске основе и упутства за коришћење програма Plateia, који се примењује за пројектовање и реконструкцију путева. Описани су модули за уздужне и попречне профиле, са прегледом доступних опција и упутствима за њихову примену. Кроз рад се пружају смернице за прецизно цртање профила, уређивање терена и израчунавање количина материјала за конструкцију пута.

Кључне речи: Plateia CGS Labs софтверски пакет за пројектовање путева, мени и наредбе

Abstract – In this paper provides a detailed analysis of the theoretical foundations and instructions for using the Plateia software, which is applied in the design and reconstruction of roads. The modules for longitudinal and transverse profiles are described, along with an overview of available options and instructions for their application. On this paper provides guidelines for accurate profile drawing, terrain editing, and calculation of material quantities for road construction.

Keywords: Plateia CGS Labs software package for road design, menu, and commands

1. УВОД

Plateia је софтверски програм који се користи за планирање и пројектовање путева, омогућавајући инжењерима да генеришу коридор, анализирају саобраћај и земљиште, припреме планове и цртеже за изградњу и одржавање постојећих путева. Plateia се може користити за израду пројеката свих величина, од мањих паркиралишта до великих градских центара, са функцијама које укључују генерисање 2D и 3D модела, анализу и оптимизацију прометног тока, обрачун волумена земљаних радова и потребних материјала, те припрему планова и цртежа за градњу. 3D BIM модел, направљен са програмом Plateia, може се приказати директно на Google Earth платформи [1]. Програм Plateia се базира на Autodesk софтверским пакетима AutoCAD, Autodesk MAP или Land Desktop. Када се комбинује са програмом AutoCAD Civil 3D, обе апликације се максимално искоришћавају.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији је ментор доц. др Милош Шешлија, маг. инж. грађ.

Plateia је доступна на више језика и подржава стандарде који су дефинисани за одређене земље [2]. Корисницима се омогућава коришћење било које верзије софтвера у случају рада на пројектима у страним државама.

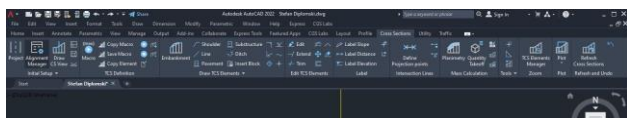
1.1. Одлике програма

- Plateia је софтверски пакет за пројектовање путева који је одлично интегрисан у програм AutoCAD. То значи да се може користити као додатак постојећој AutoCAD платформи, што олакшава рад са овим програмом.
- Plateia је такође универзална у смислу да поседује велики број функција за пројектовање у свим фазама, од почетних студија до финалне документације. Ово омогућава пројектантима да користе програм у свим фазама пројекта.
- Флексибилност је још једна карактеристика софтвера Plateia. Програм поседује неколико нивоа аутоматизације што омогућава пројектантима контролу над процесима пројектовања уз задржавање веза међу деловима пројекта. Ово значи да корисници могу да бирају ниво аутоматизације који им одговара и да контролишу процес пројектовања на најбољи могући начин.
- Plateia је такође једноставна за учење и коришћење. Програм поседује добро структуриране меније који омогућавају почетницима брзо учење, док су Рибон и Алатна трака практичнији за искусније кориснике.
- Модуларна структура програма омогућава добру организацију рада на пројектима. Подаци из програма Plateia такође се могу повезати са GIS системима, што олакшава анализу и визуализацију пројекта.
- Plateia је доказана у пракси. Програм се користи у неколико земаља и примењује се за пројекте различитих величина и намена, од урбаних саобраћајница и раскрсница до реконструкција и великих пројеката аутопутева.

2. ИНТЕРФЕЈС ПРОГРАМА**2.1. Ribbon**

Ribbon или трака представља основни елемент корисничког интерфејса у раду са Plateia-ом, омогућавајући корисницима лак приступ командама и функцијама. Трака је организована у логичке групе које су подељене у картице траке, док су у картицама панели траке, где се налазе одређене команде. Ово омогућава корисницима

да пронађу потребне команде и функције на једном месту, без потребе за тражењем у додатним тракама са алатима.



Слика 1. Трака (Ribbon) – Основни елемент корисничког интерфејса

2.2. Основни модули програма

2.2.1. Ситуација

Овај модул се бави обрадом и приказом геопросторних података у контексту ситуације. То укључује:

- дигитални модел терена (DMT) који може обрадити неколико милиона тачака, што омогућава висок степен прецизности и детаљности приказа терена;
- манипулацију геодетским тачкама и спојницама за прецизно позиционирање објеката на мапи;
- убацивање и уређивање топографских симбола како би се приказале различите карактеристике терена као што су путеви, реке, зграде, шуме итд.;
- управљање растер картама, тј. сликама које приказују терен или друге геопросторне податке у облику пиксела;
- шрафирање/бојење косина како би се визуално приказале нагибе терена;
- 2D-3D конверзију за приказ геопросторних података у 2D или 3D форматима;
- прорачуне и интерполације како би се изводиле анализе и израчунали везани за терен и геопросторне податке;
- алате за котирање и обраду ситуације, тј. за означавање висина и других карактеристика објеката на мапи;
- алате за израду ситуације, тј. за креирање и дизајнирање мапе са геопросторним подацима [3].

2.2.2. Осе

Модул осе користи се за одабир оптималне хоризонталне трасе пута. Овај модул нуди кориснику бројне алате за управљање елементима хоризонталне трасе пута.

2.2.3. Уздужни профили

Модул Уздужни профили обухвата алате за пројектовање и уређивање нивелете, попречних нагиба, узвишења и сл., као и алате за разне анализе вертикалних елемената саобраћајнице.

2.2.4. Попречни профили

Модул Попречни профили обухвата алате за цртање, уређивање и анализу попречних профила:

- Испис постојећег терена и пресека саобраћајнице
- Једноставно цртање попречних профила са разноврсним елементима попречних профила (насипи, банке, канали, ивичњаци...)
- Уређивање, означавање и котирање попречних профила
- Алати за дефинисање, уређивање и коришћење карактеристичних попречних профила

- Прорачун количина
- Неколико алата за помоћ при цртању (додавање блокова, зумирање на профил, котирање)
- Припрема за испис попречних профила
- Могућност цртања и уређивања више попречних профила истовремено
- Наредбе за означавање и прорачун количина
- Подржан унос блокова и претварање корисничких елемената

2.2.5. Саобраћајна опрема

Овај модул проширује могућности пројектанта за креирање и анализу са алатима за саобраћајну сигнализацију, пројектовање раскрсница и возне кривине: [4].

- *Autopath*
- Цртање и уређивање саобраћајних знакова и генерисање извештаја из истих
- Цртање хоризонталне сигнализације (зебра, линијске ознаке, исцртана острва итд.)
- Приказ хоризонталне и вертикалне сигнализације у 3D погледу ради генерисања ефективније визуализације
- Пројектовање разделних острва (суза, троугласти)
- Комплетно пројектовање кружних раскрсница
- Аутобуска стајалишта
- Заобљења у раскрсници

3. МОДУЛ УЗДУЖНИ ПРОФИЛ

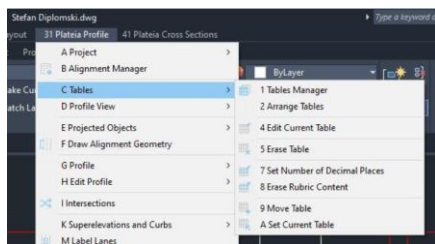
Модул уздужни профили је део софтверског пакета *Plateia*, који се користи за пројектовање инфраструктуре нискоградње као што су путеви, железнице, мостови, тунели и други објекти.

Када се дефинише дигитални модел терена и оса пута, следећи корак је дефинисање уздужног профила. Уз помоћ команди за уздужни профил, које су доступне у модулу, добија се одговарајући облик уздужног профила који се састоји од свих елемената из ситуације, како графичких, тако и нумеричких вредности.

Модул уздужни профили омогућава брз и прецизан интерактивни унос линија терена и тангенти, цртање нивелете, прорачун попречних нагиба, прорачун пресвлачења постојећих путева и брз прорачун количина усека и насипа. Сви подаци у модулу уздужни профили су динамички повезани, што значи да се било какве промене на моделу терена аутоматски одражавају и на уздужном профилу.

3.1. Табела

Табела је основни елемент за цртање уздужног профила у програму *Plateia*. Корисник има могућност да дода произвољан број табела у свој цртеж, али су при инсталацији већ дефинисане неке табеле. Корисник може да припреми нове табеле или да измени већ постојеће у складу са својим захтевима.



Слика 2. Наредбе за рад са табелама

3.2. Терен

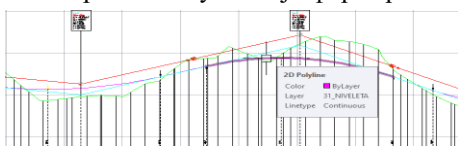
Када корисник жели нацртати уздужни профил, главна линија терена је битна линија коју треба додати. У ту сврху се користи наредба „Унос терена“ [5]. Коришћењем ове наредбе, црта се главна линија терена на профилу. Ова наредба чита податке о терену из DWG датотеке која садржи податке о терену профила. Ова DWG датотека се обично ствара коришћењем GIS софтвера или других софтверских апликација које служе за прикупљање података о терену.

3.3. Тангенте и нивелета

Наредба Унос тангенти је доступна у програму Plateia за цртање тангенти на цртежу, које представљају раван дуж које крива мења правац. Ова наредба омогућава кориснику да дефинише тачку на цртежу одакле жели да започне цртање тангенти.

Приликом покретања наредбе, програм отвара дијалог у коме корисник може да унесе параметре тангенти. Корисник може да дефинише тачке прелома тангенте интерактивно на цртежу или да унесе параметре тангенте у дијалогу.

Уређивање тангенти је корисна команда којом је могуће уређивати геометрију подужног профила. Ова команда омогућаје кориснику да изабере тангенту коју жели променити и да промени параметре који утичу на тангенту. На пример, могуће је променити висину или дужину тангенте, променити радијус кривине или променити угао који формира тангента.



Слика 3. Приказ нивелете на уздужном профилу

3.4. Попречни нагиби и денивелација

Прорачун поперечних нагиба је важан процес у пројектовању путева јер омогућава да се одреди поперечни профил пута, тј. да се одреде висински елементи на поперечном профилу у зависности од уклона коловоза и услова прописаних стандардима.

Да би се израчунали поперечни нагиби, потребно је прво дефинисати подручје за које се желе израчунати. То може бити цела област или сопствено дефинисано подручје. Након тога, потребно је одабрати методу прорачуна поперечних нагиба, као што су двострани или једнострани нагиби, са или без разделног појаса. Поперечни нагиб коловоза у начелу мора да буде једностран и нагнут према унутрашњој страни кривине како би се обезбедила што већа безбедност саобраћаја. Међутим, у одређеним случајевима је допуштен и двострани, односно кровасти нагиб [6].

4. МОДУЛ ПОПРЕЧНИ ПРОФИЛИ

Модул *Поперечни профили* програма Plateia је најчешће коришћен за израду пројеката у области нискоградње као што су путеви, железнице, тунели, мостови и други слични објекти. Овај модул омогућава корисницима да креирају и уређују поперечне профиле на основу линија терена и нивелета. Поперечни профили на цртежу се приказују као нормални поперечни профили који укључују банке, насипе, горње и доње слојеве, јарке и друге типичне елементе [7].

Уз помоћ функција за планиметрисање, корисници могу да рачунају количине ископа, насипа и других важних параметара на основу поперечних профила. Типични елементи поперечних пресека могу се уређивати и димензионисати у складу са потребама пројекта [8].

4.1. Табела

Табела је основа за цртање поперечних профила у програму Plateia. Она садржи информације о висинама, дужинама и другим параметрима који су потребни за израду профила. Сваки цртеж у програму може садржати произвољан број табела за цртање поперечних профила. Помоћу наведених табела, корисник може да креира различите профиле и да лако манипулише подацима у њима.

4.2. Терен

Модул *Поперечни профили* омогућаје цртање једне или више линија терена које се налазе у околини профила. Више линија терена се уносе у нацрт с виšekратним узастопним позивањем наредби за унос терена. Линије терена могу представљати, на пример, различите фазе израде усека или насипа у датом профилу, те могу садржавати информације о висини терена у односу на осу профила.

4.3. Коловоз

Коловозне контрукције представљају највреднији део путне инфраструктуре. Оне пропадају са временом услед утицаја саобраћајног оптерећења и дејства околне [9]. Коловоз или возна површина пута се црта у сваки поперечни профил на основу података из датотеке *Уздужни профил*. Резултат цртања је равна или ломљена линија, нацртана на одговарајућој надморској висини, са одговарајућим поперечним нагибом и ширином.

Након цртања коловоза, програм аутоматски испише податке о коловозу у табелу, укључујући висине и удаљености у односу на осу и ивичне тачке. Овај процес помаже инжењерима да прецизно цртају и дизајнирају коловозе у сваком поперечном профилу [9].

Унос коловоза је наредба у програму за цртање која омогућава кориснику да унесе коловоз у поперечни профил пута на основу података који су претходно дефинисани у модулу *Уздужни профили*. Пре покретања ове наредбе, потребно је дефинисати висину нивелете, поперечне нагибе и ширину коловоза у модулу *Уздужни профили*.

4.4. НПП елементи

НПП елементи представљају основне геометријске елементе који се користе у изради попречних профила путева и других сличних инфраструктурних објеката. Ови елементи се користе за приказивање различитих облика и нагиба у попречном пресеку објекта, и могу се користити за моделирање различитих структура и форми.

Програм *Plateia* омогућује унос различитих типова НПП елемената, укључујући банке, косине, риголе, блокове, линије и тачке. Корисници могу комбиновати различите НПП елементе за добијање жељеног попречног профила.

4.5. Уређивање елемената НПП

Ово поглавље о уређивању елемената НПП је пре свега намењено за додатну обраду попречних профила. Ако се у попречни профил унесе НПП елемент, он се може додатно обрадити са наредбама за скраћивање, продужење и спајање. Ове наредбе имају предност у односу на обичне *AutoCAD* наредбе (*TRIM*, *EXTEND*, итд.) у томе што оне делују на задатом подручју попречних профила. На пример, ако се продужи косина до линије хумуса у једном профилу, та косина ће бити продужена у свим профилима на задатом подручју профила.

4.6. Котирање НПП елемената

Котирање НПП елемената је доступно у програму *Plateia*. У оквиру тог функционалитета, корисник може котирати различите параметре НПП елемената, укључујући нагиб, дужину и висину. Такође, програм омогућава табелирање удаљености и висине произвољних тачака на елементима попречног профила. Важно је напоменути да се котирање и табелирање могу применити и на више НПП елемената одједном, што значајно убрзава процес детаљног прорачуна конструкције.

4.7. Планиметрисање

Планиметрисање је функција програма *Plateia* која омогућава израчунавање тачних количина усека, насипа и других елемената на основу нацртаних попречних профила. Прорачун се врши на основу полигонских линија које ограничавају појединачне планиметрисане количине. За количине где се мери површина, користе се затворене полигонске линије, док се за количине где се мери дужина користе отворене полигонске линије. Постоје различити начини за дефинисање полигонских линија, као и могућности за рачунање количина за различите делове пројекта.

4.7.1. Прорачун количина

Прорачун количине је функција програма *Plateia* која прорачунава количине материјала по попречним пресецима и за цело подручје. Када се команда покрене, отвара се дијалогски прозор где се дефинише подручје рада и одабиру сви профили. *Plateia* израчунава количину потребног материјала и има алат за извоз података о количинама са опцијама за дефинисање обрачунске ставке [10].

5. ЗАКЉУЧАК

Програмски пакет *Plateia* представља ефикасно решење за пројектовање путева које укључује многе корисне функције, од једноставног цртања и уређивања трасе до комплексних анализа, као што су прорачуни количина и дигитални модел терена. Овај програмски пакет омогућава прецизно исцртавање путева, што олакшава рад и смањује грешке. Поред тога, програм *Plateia* обезбеђује аутоматско израчунавање количина код попречних профила, што значајно убрзава процес и олакшава прорачун потребних параметара.

Међутим, за употребу овог програмског пакета неопходно је познавати принцип рада самог програма и имати теоријско знање о пројектовању путева. Такође, потребно је примењивати законске регулативе и нормативе који се односе на пројектовање путева како би се осигурао квалитет и безбедност у саобраћају.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.studioars.com/hr/cgs-labs/plateia-autopath-autosign/>
- [2] <https://cgs-labs.rs/plateia/>
- [3] <http://www.netsys.co.rs/softver/cgsplus/plateia.html>
- [4] <https://cgs-labs.rs/plateia-osnovni-online-kurs/>
- [5] <https://www.scribd.com/doc/306697786/Osnove-Programa-Plateia-i-Ferrovija-priru%C4%8Dnik>
- [6] [https://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/harmonizacija/prirucnik_za_projektovanje_puteva/SRDM4-0-projektni-elementi-puta\(120506-srb-konacni\).pdf](https://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/harmonizacija/prirucnik_za_projektovanje_puteva/SRDM4-0-projektni-elementi-puta(120506-srb-konacni).pdf)
- [7] https://partners.cgs-labs.com/res/marketing/Online%20training%20course/s/Plateia/Basic/Pdf/Poprecni%20profili_srb.pdf
- [8] Приручник за пројектовање путева у Републици Србији, Београд, 2012
- [9] Радовић Н., Шешлија М.: Управљање путном мрежом, Факултет техничких наука, 2017
- [10] <https://production-resources.bricsys.com/static/common/applications/attachments/704/1152/documentation00.pdf>

Кратка биографија:



Стефан Вељовић рођен је у Краљеву 1991. године. Мастер рад на Факултету техничких наука у Новом Саду, на смеру Грађевинарство – Путеви, железнице и аеродроми, одбранио је 2023. године. Контакт: stefan_veljovic@yahoo.com

HIDRAULIČKO DIMENZIONISANJE EVAKUACIONOG ORGANA NA BRANI TABEGART U ALŽIRU

HYDRAULIC ANALYSIS OF SPILLWAY AT TABEGGART DAM IN ALGERIA

Milovan Bjelica, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu su definisani osnovni elementi evakuacionog organa na nasutoj brani Tabegart u Alžiru. Urađeni su potrebni hidraulički proračuni i usvojene potrebne dimenzije osnovnih objekata evakuacionog organa. Sistem je dimenzionisan na propuštanje vrha poplavnog talasa 10.000-godišnje velike vode.

Ključne reči: Evakuacioni organ, nasuta brana, hidraulički proračun

Abstract – In this paper, the basic elements of the spillway at Tabeggart Dam in Algeria were defined. Necessary hydraulic calculations were made and the necessary dimensions of the network's basic facilities were defined. Whole system was designed in order to accept of 10.000 year flood.

Keywords: Spillway, embankment dam, hydraulic analysis

1. UVOD

Projektom je obuhvaćen evakuacioni organ na nasutoj brani Tabegart u Alžiru, koji se sastoji od čeonog slobodnog preliva, stepenastog brzotoka i umirujućeg bazena.

Izgradnja brane Tabegart planira se za potrebe obezbjeđivanja vodnih resursa za navodnjavanje poljoprivrednih površina u pokrajini Batna.

Predmet rada jeste definisanje i dimenzionisanje osnovnih objekata za odvođenje velikih voda, na osnovu neophodnih hidrauličkih proračuna.

2. KRIVA PROTOKA DONJE VODE

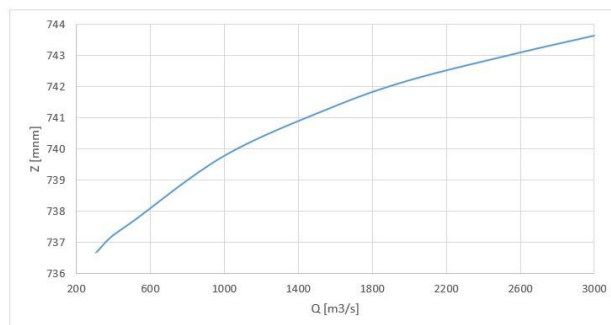
Da bi se hidraulički dimenzionisali hidrotehnički objekti u koritu rijeke Tabegart, neophodno je odrediti krivu protoka donje vode, koja predstavlja zavisnost kote nivoa u rijeci od proticaja koji ide koritom.

Najvažnija hidraulička podloga pri proračunu linije nivoa je Manningov koeficijent rapavosti. S obzirom na činjenicu da duž riječnog korita rijeke Tabegart ne postoje mjerenja nivoa, pomoću kojih bi se indirektno sračunala vrijednost ovog koeficijenta, njegova veličina je procijenjena na osnovu iskustvenih preporuka, i iznosi od 0,03 do 0,035 $m^{-1/3}/s$.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Goran Jeftenić.

Hidraulički proračun linije nivoa duž riječnog korita je zasnovan na primjeni energetske (Bernulijeve) jednačine za jednodimenzionalno ustaljeno tečenje između dva računsa profila. Proračuni su sprovedeni u programskom paketu HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System, US Army Corps of Engineers). U njega su implementirani svi neophodni ulazni podaci vezani za geometriju korita i elemente matematičkog modela.



Slika 1: Kriva donje vode

3. HIDRAULIČKO DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA EVAKUACIJU VELIKIH VODA

Sistem za evakuaciju velikih voda iz akumulacije čine čeonni slobodni preliv, stepenasti brzotok i umirujući bazen. Imajući u vidu da je razmatrani tip brane nasuta brana koja nije u mogućnosti da pretrpi prelijevanje, cijeli sistem je dimenzionisan za propuštanje vrha poplavnog talasa 10.000-godišnje velike vode $Q_{0,01\%}$.

3.1. Hidrauličko dimenzionisanje sistema

Preliv brane Tabegart je čeonni preliv praktičnog profila, bez ustava, smješten u lijevom boku brane. Računska visina prelivnog mlaza je definisana kao razlika K_{MU} i K_{NU}, i iznosi 4.75 m. Uz unaprijed definisanu visinu prelivnog mlaza i određenu vrijednost računskog proticaja preliva, širina preliva se određuje iterativnim putem. Proračunom je dobijeno da je širina jednog prelivnog polja $b_p = 14.5$ m, odnosno konstruktivna širina preliva $BP = 130$ m. Konstruktivna širina preliva definiše širine nizvodnog stepenastog brzotoka i umirujućeg bazena.

Sa definisanim dimenzijama i proticajnim parametrima preliva, formira se kriva proticaja preliva, u obliku zavisnosti proticaja od kote nivoa u akumulaciji $Q = f(Z)$. Jednačina prelijevanja kojom je formirana kriva proticaja glasi:

$$Q = C_p B_{ef} \sqrt{2gH^3} \quad (1)$$

pri čemu je

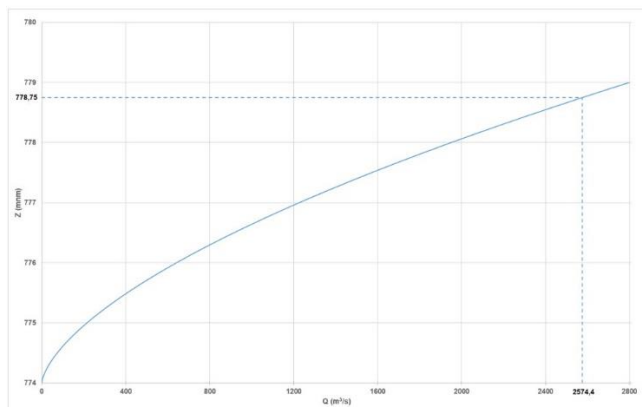
Q – proticaj na prelivu,
H – računsa visina prelivnog mlaza,
B_{ef} – efektivna dužina prelivne ivice,
C_p – koeficijent preliivanja koji je funkcija visine prelivnog mlaza.

Karakteristične vrijednosti visine prelivnog mlaza, zajedno sa ostalim članovima prethodne jednačine, prikazani su u tabeli 1:

Tabela 1: Vrijednosti krive proticaja preliava sa parametrima jednačine preliivanja

Zaku [mm]	Hpl [m]	Bef [m]	Cp [-]	Q [m ³ /s]
774.00	0.00	116.00	0.38	0.00
774.50	0.50	115.83	0.40	73.46
775.00	1.00	115.66	0.42	215.26
775.50	1.50	115.49	0.43	406.81
776.00	2.00	115.32	0.44	641.54
776.50	2.50	115.15	0.45	915.58
777.00	3.00	114.98	0.46	1226.22
777.50	3.50	114.81	0.47	1571.39
778.00	4.00	114.64	0.48	1949.42
778.50	4.50	114.47	0.49	2358.90
779.00	5.00	114.30	0.49	2798.64

Grafička interpretacija ovih parametara, uključujući i krivu proticaja preliava, prikazana je na slici 2:



Slika 2: Kriva proticaja preliava brane Tabegart

3.2. Hidrauličko dimenzionisanje brzotoka

Prelivno lice brane je u vidu stepenastog brzotoka. Stepence stvaraju značajan gubitak energije toka, pa mlaz dospjeva u umirujući bazen sa znatno manje energije nego kod klasičnog brzotoka.

Stepence brzotoka su visine 1 m i dužine 2 m. Širina brzotoka iznosi 130 m, a razvijena dužina 90.40 m. Visina razdjelnih zidova slapišta iznosi 11.80 m. Proračun tečenja i hidrauličkih gubitaka duž brzotoka je izvršen na dva načina:

- Proračun tečenja prema Boes-u i Hager-u;
- Proračun linije nivoa duž brzotoka primjenom Bernulijeve jednačine.

Proračun prema Boes-u i Hager-u je zasnovan na rezultatima eksperimentalnih ispitivanja korišćenjem empirijskih i poluempirijskih zavisnosti, dok je proračun linije nivoa poslužio za provjeru rezultata sa stanovišta teorije. Poređenjem rezultata dobijenih preko ove dvije metode, zaključujemo da su rezultati približni, što se vidi iz tabele 2:

Tabela 2: Poređenje vrijednosti rezidualne energije i karakteristika toka na kraju brzotoka:

	Q (m ³ /s)	h (m)	V (m/s)	Hres (m)	E (mm)
En. (Bernulijeva) jed.	2574.40	1.09	18.22	17.89	751.89
Boes i Hager	2574.40	1.06	18.73	18.82	752.82

Na osnovu analize, zaključuje se da postupak Boes-a i Hager-a daje nepovoljnije rezultate, pa se usvaja kao mjerodavan za dalju analizu.

Kako bi se odredila visina razdjelnih zidova brzotoka h_{Z,B} pronađene su vrijednosti dubine mješavine vode i vazduha u tački uvlačenja vazduha h_{m,i} i dubine mješavine sa koncentracijom vazduha od 90% na dnu stepenastog brzotoka h_{90%,S}.

Dubina vode u tački ovazdušenja iznosi 1.54 m, i sračunata je prema formuli:

$$\frac{h_{m,i}}{s} = 0,40F_*^{0,60} \quad (2)$$

Prema Boes-u i Hager-u do ovazdušenja toka dolazi na 79.59 m od krune preliava gledano po pseudodnu brzotoka.

Vrijednost dubine mješavine sa koncentracijom vazduha od 90% na dnu stepenastog brzotoka se računa kao:

$$h_{90\%,S} = \frac{h_{w,S}}{1-C_s} \quad (3)$$

Ukupna dužina pseudodna brzotoka za usvojenu kotu dna umirujućeg bazena iznosi 90.40 m.

Vrijednosti parametara h_{w,S}, C_s i h_{90%,S} su prikazane u tabeli 3:

Tabela 3: Vrijednosti dubine mješavine vode i vazduha koncentracije 90% na dnu brzotoka

metoda	h _{w,S} (m)	C _s (%)	h _{90%,S} (m)
Boes i Hager	1.06	44.1	1.89

Visina zidova h_{Z,B} se određuje na osnovu referentne dubine mješavine vode i vazduha h_m i koeficijenta sigurnosti preliivanja zidova η:

$$h_{Z,B} = \eta h_m \quad (4)$$

Usvojena vrijednost koeficijenta η je preporučena u slučaju brzotoka sa nasutim branama i iznosi 1.50. Vrijednosti neophodne visine zida na određenim stacionažama brzotoka prema metodama proračuna prikazane su u tabeli 4:

Tabela 4: Neophodne visine zida na određenim stacionažama brzotoka:

Метода	L (m)	h _m (m)	C (%)	h _{Z,B} (m)
Boes i Hager	79,59	1,54	44,12	2.31
	90,40	1,89	44,12	2.84
Bernuli (Smith, 1995)	90,40	1.81	39.98	2.72

Usvojena je konstantna visina razdjelnih zidova od 3 m.

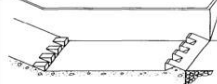
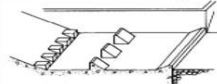
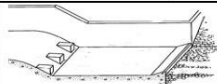
3.3. Hidrauličko dimenzionisanje umirujućeg bazena

Uloga umirujućeg bazena je disipacija preostale energije prelivene vode. Umirujući bazen (slapište) preliava brane Tabegart je tipa USBR II sa izostavljenim uzvodnim zubima.

Širina slapišta je jednaka širini brzotoka, odnosno 130 m, dok usvojena dužina slapišta iznosi 36.50 m. Na nizvodnom kraju se nalazi odbojni zid, iz koga se izdiže 55 zuba širine 1.2 m i visine 1.65 m.

Za umirujući bazen brane Tabegart razmatrana su tri tipa umirujućih bazena sa elementima za dodatno umirenje. Njihovi karakteristični izgledi i opseg hidrauličkih karakteristika za koje se primjenjuju nalaze se u tabeli 5:

Tabela 5: Pregled razmatranih tipova umirujućih bazena sa izgledom i uslovima primjene

Тип умирујућег базена	Изглед умирујућег базена	Неопходни услови примјене
USBR II		$q \leq 46,5 \text{ m}^3/\text{s}$ $Fr_1 > 22,25$ $Z_{GV} - Z_{DV} \leq 60 \text{ m}$
USBR III		$q \leq 18,6 \text{ m}^3/\text{s}$ $Fr_1 > 22,25$ $V_1 < 16 \text{ m/s}$
USBR IV		$6,25 \leq Fr_1 \leq 22,25$ $Z_{GV} - Z_{DV} \leq 15 \text{ m}$ $m_{Z,S} = 0$

Karakteristike umirujućeg bazena koje su uticale na izbor tipa prikazane su u tabeli 6:

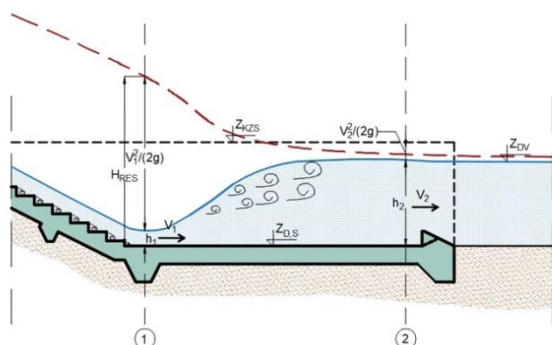
Tabela 6: Hidrauličke karakteristike referentne za odabir tipa umirujućeg bazena

$Z_{GV} - Z_{DV}$ (m)	q (m ² /s)	V_1 (m/s)	Fr_1 (-)
9.74	19,80	18,73	33.80

Shodno prikazanim hidrauličkim karakteristikama umirujućeg bazena iz tabele 6, poređenim sa uslovima iz tabele 5, usvojen je umirujući bazen tipa USBR II.

Hidraulički proračun umirujućeg bazena treba da odredi parametre hidrauličkog skoka na osnovu kojih se dimenzionišu elementi bazena. Uz to, treba odrediti kotu dna umirujućeg bazena koja ispunjava uslov da hidraulički skok bude potopljen vodom iz nizvodnog korita.

Uzvodni granični uslov je vrijednost energije na ulazu u umirujući bazen definisana vrijednošću rezidualne energije na nizvodnom kraju stepenastog brzotoka. Nizvodni granični uslov je kriva donje vode brane Tabegart.



Slika 3: Računski presjeci u umirujućem bazenu

Vrijednosti karakteristika toka na ulaznom presjeku umirujućeg bazena dobijene su rješavanjem sledećih jednačina u presjeku 1 (slika 3):

$$h_1 = \frac{q}{B_s V_1} \quad (5)$$

$$V_1 = \sqrt{2g(H_{RES} - h_1)} \quad (6)$$

$$Fr_1 = \frac{V_1^2}{gh_1} \quad (7)$$

Sa poznatim parametrima u presjeku 1 rješava se dinamička jednačina između presjeka 1 i 2. Dinamička jednačina po vrijednosti druge spregnute dubine h_2 glasi:

$$h_2 = \frac{h_1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr_1} - 1) \quad (8)$$

Kota dna umirujućeg bazena mora da zadovolji uslov potopljenosti prema jednačini:

$$Z_{D,S} = Z_{DV} - \sigma h_2 \quad (9)$$

gdje minimalna vrijednost koeficijenta potopljenosti σ za slapište tipa USBR II iznosi 1,05.

Proračun je vršen iterativno. Rezultat proračuna je kota dna umirujućeg bazena od 734.52 mm, koja je usvojena na vrijednost 734.00 mm. Za usvojenu vrijednost kote dna umirujućeg bazena izvršen je proračun parametara hidrauličkog skoka, koji su prikazani u tabeli 7:

Tabela 7: Parametri hidrauličkog skoka za usvojenu kotu dna umirujućeg bazena

Z_B (mm)	h_1 (m)	V_1 (m/s)	Fr_1 (-)	h_2 (m)	V_2 (m/s)	Fr_2 (-)	σ (-)
734	1.06	18.73	33.80	8.18	2.42	0.07	1,11

Da bi se hidraulički skok zadržao unutar bazena, njegova dužina L_s ne smije biti manja od dužine hidrauličkog skoka definisane za umirujuće bazene tipa USBR II:

$$L_s = (3,044 + 0,216Fr_1 - 0,009Fr_1^2)h_2 \quad (10)$$

Uzimajući u obzir parametre hidrauličkog skoka iz tabele 7, neophodna dužina umirujućeg bazena iznosi 32.7 m. Zbog izostavljenih uzvodnih zuba vrijednost neophodne dužine slapišta je uvećana za 10% i iznosi 35.95 m. Prema tome, usvojena dužina umirujućeg bazena je 36.50 m, uzimajući u obzir pseudodno stepenastog brzotoka koje zahvata mali dio slapišta.

S obzirom da i nakon napuštanja umirujućeg bazena, prelivena voda i dalje raspolaže sa izvjesnom energijom, nizvodno od umirujućeg bazena je predviđena kamena obloga koja bi zaštitila korito od erozije.

Dužina na kojoj se korito štiti od eventualne erozije vodom iz slapišta LK, dobijena je iz relacije:

$$L_K = 4h_2 \quad (11)$$

i usvojena je vrijednost od 30 m.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je sagledan cjelokupan sistem za evakuaciju velikih voda brane Tabegart u Alžiru. Ovakve hidrauličke analize su neophodne pri dimenzionisanju ove vrste objekata.

Ovakve analize predstavljaju generalna rešenja objekata za evakuaciju velikih voda.

Projektovan je sistem koji se sastoji od čeonog slobodnog preliva, stepenastog brzotoka i umirujućeg bazena tipa USBR II. Projektovana je i kamena obloga nizvodno od slapišta, koja štiti korito od erozije.

Cjelokupan sistem je dimenzionisan da propusti vrh poplavnog talasa 10.000 – godišnje velike vode.

5. LITERATURA

- [1] Peterka A.J. (1958). „Hydraulic analysis of spilling basins and energy dissipators“, Denver - USA
- [2] USBR (1987). „Design of small dams“, Washington - USA
- [3] Savić Lj., Milovanović B., Kuzmanović V., Komatina D. (2004). „Hidrosoft – Softverska podrška za projektovanje hidrotehničkih konstrukcija“, Beograd
- [4] Petrović P., Radojević D. (2005). „Hidrotehničke konstrukcije – primeri i primene“, Beograd
- [5] Kapor R. (2008). „Hidraulika“, Beograd
- [6] Savić Lj. (2009). „Uvod u hidrotehničke konstrukcije“, Beograd
- [7] Jovanović M., (2009). „Regulacija reka – Rečna hidraulika i morfologija“, Beograd
- [8] HEC-RAS – River Analysis System (2010), User's Manual, Davis - USA
- [9] Erčić Ž., (2013). „Pregled i primena rezultata savremenih hidrauličkih istraživanja u projektovanju preliva visokih brana – Prelivi sa stepenastim brzotokom“, Beograd
- [10] Energoprojekt - Hidroinženjering, (2013), „Glavni projekat brane Buzina“, Beograd
- [11] Energoprojekt – Hidroinženjering, (2014), „Glavni projekat brane Tarzut“, Beograd
- [12] Ivetić M. (2015), „Stručni rad – Hidrauličko dimenzionisanje akumulacije i brane Tarzut sa pratećim objektima“, Beograd

Kratka biografija:



Milovan Bjelica rođen je 1990. godine u Trebinju. Diplomirao o visokom obrazovanju je stekao na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad na temu „Hidrauličko dimenzionisanje evakuacionog organa na brani Tabegart u Alžiru“ iz oblasti građevinarstva obranio je na Fakultetu tehničkih nauka 2023. godine.

kontakt: bjelicamilovan@gmail.com

TEHNOLOGIJA ZELENE GRADNJE KAO ATRAKTIVNE INVESTICIJE U GRAĐEVINARSTVU**GREEN BUILDING TECHNOLOGY AS AN ATTRACTIVE INVESTMENT IN CONSTRUCTION**Marko Brnjoš, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – Proces projektovanja, izgradnje i naseljavanja zgrada ima dubok uticaj na ekonomiju zajednice, životnu sredinu i kvalitet života. Štetan uticaj gradnje na životnu sredinu značajno podstiče razvoj koncepta zelene gradnje širom svijeta. Zato je neophodno uskladiti odnose između zgrada, životne sredine i naseljenih zajednica kroz održive ili zelene zgrade.

Ključne reči: Zelena gradnja, životna sredina, održive zgrade, Zeleni BIM

Abstract – The process of designing, constructing, and inhabiting the buildings has a profound influence on a community's economy, environment, and quality of life. The adverse impact of construction on the environment significantly promotes the development of the green building concept worldwide. It is therefore necessary to harmonize the relationships between the buildings, the environment, and the inhabiting communities through sustainable or green buildings.

Keywords: Green buildings, environment, sustainable buildings, Green BIM

1. UVOD

Razvoj tehnologije zelene gradnje postakle su ekološke katastrofe koje su postale sastavni dio modernoga društva gdje sam čovjek učestvuje aktivno ili pasivno.

Prije nekoliko godina počelo je intenzivno da se govori o zelenoj gradnji, zelenim tehnologijama, reciklaži, o uticajima na životnu sredinu, o prirodnim resursima, o energetske efikasnosti, o štednji o alternativnim izvorima energije. Principi energetskog funkcionisanja zgrada su jednostavni i poznati, a tehnologija kojom se u gradnji mogu dodatno iskoristiti prirodni izvori je vrlo raznovrsna.

Zelena gradnja je stil života koji nam govori da treba da živimo u sinergiji sa planetom Zemljom, manje koristimo resurse, više upotrebljavamo već korištene resurse, recikliramo i generišemo što manje otpada koji se odlaze na deponiju.

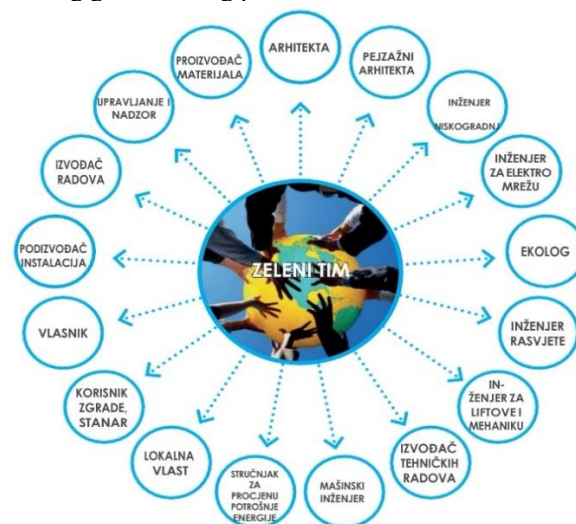
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Igor Peško, red. prof.

2. ZELENA GRADNJA

Zelena gradnja je takav način izgradnje gdje se postiže da objekat koji se izgradi tokom svog životnog vijeka troši manju količinu vode, postiže minimalnu potrošnju električne energije iz obnovljivih izvora, koristi prirodne materijale za izgradnju ili materijale dobijene reciklažom. Na ovaj način, objekat je isplativiji, a život u njemu i jeftiniji i zdraviji.

Proces izgradnje zelenog objekta zahtjeva sinergiju sa prirodom i veliku povezanost i komplementarnost ljudi u građevinskom timu. Zeleni tim je sastavljen od brojnih aktera, počev od stručnjaka različitog profila do predstavnika svih zainteresovanih grupa i institucija (Slika 1). Redovno planiranje aktivnosti, stalne konsultacije svih aktera i preispitivanje donijetih odluka su ključ uspješnog održivog građevinskog poduhvata.



Slika 1. Zeleni tim

2.1 Materijali u ekološkoj gradnji

Održivi građevinski materijali se obično odlikuju svojom dugotrajnošću, niskim energetske zahtjevima za proizvodnju, obnovljivim izvorima, održivim izvorima, niskim nivoom toksičnosti, mogućnosti recikliranja i sposobnosti da se lako zbrinu na kraju svog životnog ciklusa.

Neki od najčešće korišćenih materijala u ekološkoj gradnji su drvo, prirodni kamen, slama, konoplja, zemlja, reciklirani materijali i materijali sa malom količinom

štetnih hemikalija, poput prirodnih boja i premaza na bazi vode.

2.2 Održivi ciklus materijala i energije kao primjer kružnog modela građevinske industrije

Održivi ciklus materijala i energije predstavlja model koji se oslanja na princip kružne ekonomije, gdje se materijali i energija koriste na način koji se može održati tokom dužeg vremenskog perioda.

Kružni model građevinske industrije se zasniva na tri osnovna principa:

- Smanjenje količine otpada
- Ponovna upotreba materijala
- Recikliranje materijala

3. EKO EKSTERIJERI ZELENE GRADNJE

Eko eksterijeri predstavljaju spoljašnje prostorne elemente koji su dizajnirani i izgrađeni sa naglaskom na održivost i zaštitu životne sredine. To mogu biti elementi poput zelenih fasada, zelenih krovova, solarnih panela, kišne bašte, reciklažnih kutija, biciklističkih staza, i drugi.

3.1. Zeleni krovovi

Zeleni krov ili krov sa vegetacijom, je krov zgrade koji je u potpunosti ili u određenoj mjeri prekriven vegetacijom zasađenom preko hidroizolacione membrane. Tipičan zeleni krov je složen sistem od nekoliko slojeva materijala koji postižu hidroizolaciju i uklanjaju vodu sa krova.

Prema FLL standardima (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau) osnovne vrste zelenih krovova su:

- Ekstenzivni zeleni krov
- Poluintenzivni zeleni krov
- Intenzivni zeleni krov

3.2. Zelene fasade

Zelene fasade su ekološki prihvatljive opcije za spoljašnje zidove zgrada. One su obično napravljene od biljaka koje se uzgajaju u posebnim modulima i vezuju se za spoljašnje zidove zgrade [4]. Osim estetskog izgleda, zelene fasade pružaju brojne ekološke beneficije, poput smanjenja toplotnog ostrva i apsorbovanja zagađujućih materija iz vazduha.

4. ENERGETSKA EFIKASNOST U OBLASTI ZELENE GRADNJE

Energetska efikasnost je broj isplaniranih i provedenih mjera čiji je cilj korištenje minimalno moguće količine energije tako da stepen udobnosti i stopa proizvodnje ostanu sačuvane. U domeni zelene gradnje, energetska efikasnost je glavni kriterijum pri odabiru strategije. Pod pojmom energetska efikasnost podrazumijeva se efikasna upotreba energije u svim sektorima krajnje potrošnje energije: industriji, prometu, uslužnim djelatnostima, poljoprivredi i u domaćinstvima. Energetski zahtjevi zgrada su ponekad veći od 400 kWh/ m2 godišnje, dok prosječna

godišnja potrošnja energije za grijanje u klasično građenim zgradama iznosi 200 kWh/m2.

Prelaskom na savjesno upravljanje energijom, u posljednjih se nekoliko godina stvorila podjela na četiri nivoa energetske efikasne gradnje:

1. Niskoenergetske zgrade
2. Pasivne zgrade
3. Zgrade s nultom potrošnjom energije
4. Zgrade sa viškom proizvedene energije

5. SERTIFIKACIJA ZELENIH ZGRADA

Sam rast sertifikovanih objekata govori u prilog tome da postoje opravdani ekonomski, ekološki i socijalni razlozi za zelenu gradnju. Brojne studije potvrđuju opravdanost ovakve gradnje upravo iz razloga povećanja vrijednosti objekta. Da bi održivost zgrada imala tržišnu vrijednost, potrebna je standardizovana i sistematska procjena karakteristika zgrada u odnosu na životnu sredinu. Standardi održive gradnje se zasnivaju na metodologiji, postupcima i indikatorima za utvrđivanje ekoloških karakteristika, koje određuju mreže istraživačkih instituta i agencija. Različiti standardi se služe različitim metodama, ali su principi i ciljevi jednaki.

Standardi koji određuju zelenu gradnju su:

- LEED – Američki standard
- DGNB – Nemački standard
- BREEAM – Velike Britanije standard
- HQE – Francuski standard

6. ODRŽIVA UPOTREBA VODE U ZELENOJ GRADNJI

Održiva upotreba vode odnosi se na pristup korištenju vodnih resursa na način koji osigurava njihovo dugoročno očuvanje i održivost. To uključuje različite strategije i prakse koje pomažu u smanjenju potrošnje vode i poboljšanju kvaliteta.

Neke od ključnih strategija održive upotrebe vode su:

- Smanjenje gubitaka vode - Uklanjanje curenja u vodovodnim mrežama i popravak curenja u zgradama može značajno smanjiti gubitak vode.
- Recikliranje i ponovna upotreba vode – Recikliranje otpadnih voda i njihova ponovna upotreba u procesima kao što su navodnjavanje poljoprivrednih usjeva, hlađenje industrijskih postrojenja, pranje vozila i druge svrhe, pomaže u smanjenju potrošnje svježe vode.
- Korištenje tehnologije štednje vode - Instaliranje vodovodnih sistema s manjim protokom, kao i korištenje toaleta i tuševa s manjom potrošnjom vode, takođe mogu značajno smanjiti potrošnju vode.
- Zaštita prirodnih vodnih resursa - Očuvanje riječnih, jezerskih i podzemnih voda od zagađenja ključno je za dugoročnu održivost vodnih resursa.

Održiva upotreba vode uključuje unapređenje svijesti o potrebi štedljivog i racionalnog korištenja vodnih resursa, te ekološki održivih praksi i ponašanja u društvu.

6.1. Reciklaža otpadnih voda

Ponovna upotreba otpadnih voda (recikliranje) se može definisati kao korišćenje prečišćene vode za nekoliko namjena kao što su ispiranje toaleta, navodnjavanje pejzaža, dopunjavanje podzemnih voda, itd. Stambene otpadne vode, na osnovu izvora i nivoa kontaminacije, mogu se dalje klasifikovati kao crne (jako zagađene) i sive. Crna voda, koja se obično naziva otpadnom vodom, je veoma kontaminirana voda koja dolazi iz toaleta i pisoara. Siva voda je manje zagađena voda koja se ispušta iz lavaboa, tuševa i kada, veš mašina i česmi.

6.2. Sakupljanje kišnice

Kišnica se sakuplja preko nepropustljivih površina krova i prenosi preko oluka i cijevi do rezervoara ili cisterni za ponovnu upotrebu, pružajući višestruke koristi.

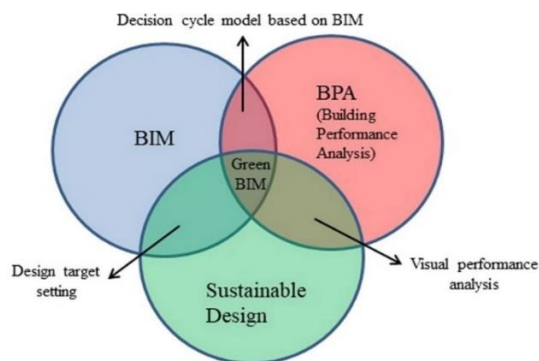
Sistem za sakupljanje kišnice uglavnom se sastoji od:

- slivnog područja na koje pada kiša,
- rezervoari i cisterne za skladištenje,
- oluci i slivnici za prenos kišnice iz slivnog područja u sistem za skladištenje,
- sistem za filtriranje za uklanjanje ostataka, čvrstih materija i drugih materijala,
- sistem za praćenje (npr. za praćenje nivoa vode unutar rezervoara) i sistem za transport vode za dalju upotrebu (npr. gravitacioni sistem ili pumpe)

Sakupljanje kišnice se može primjeniti u većini zgrada, ali je pogodnije za nove zgrade zbog činjenice da bi ugradnja podzemnog rezervoara mogla biti veoma skupa i može uključivati preusmjeravanje nekih usluga, kao i ugradnju rezervoara i filtera u postojeću šemu drenaže će uključivati promjene u sistemu cijevi.

7. ZELENI BIM (Building Information Modeling)

Zeleni BIM okvir prikazan na slici 2. je pristup projektovanju, izgradnji i upravljanju zgradama koji se fokusira na održivost i zaštitu životne sredine.



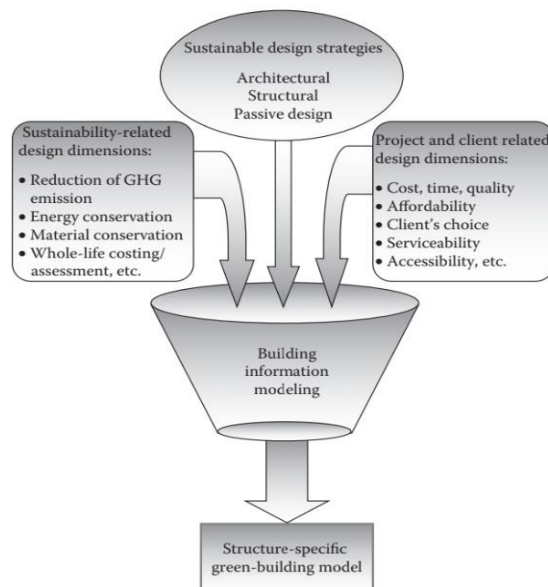
Slika 2. Zeleni BIM okvir

Ovaj pristup kombinuje princip BIM-a sa principima održivog dizajna kako bi se smanjio uticaj zgrada na

životnu sredinu i unaprijedila efikasnost zgrade. Korišćenjem Zelenog BIM-a, arhitekta, inženjeri, i ostali stručnjaci mogu da modeluju zgradu u digitalnom formatu, simulirajući njen uticaj na životnu sredinu prije nego što se zapravo izgradi.

Zeleni BIM omogućava projektantima i izvođačima radova da sagledaju i optimizuju različite faktore održivosti još u ranoj fazi projektovanja. Na primjer, korišćenjem softverskih alata moguće je simulirati različite scenarije zgrade i njihove performanse po pitanju energetske efikasnosti, kvaliteta vazduha i druge faktore. Na taj način se mogu prepoznati nedostaci i izvršiti izmjene na modelu kako bi se dobila što održivija zgrada. Zeleni BIM pruža mogućnost preciznog projektovanja, efikasnog korišćenja resursa, smanjenja troškova, kao i ostvarivanja većih nivoa održivosti u gradnji i upravljanju objektima.

Korišćenje BIM-a kao što je prikazano na slici 3. u kombinaciji sa zelenom gradnjom može pomoći izvođačima radova da efikasnije planiraju, upravljaju i kontrolišu svoje projekte, što može dovesti do uštede vremena, novca i resursa, kao i do održivijih zgrada.



Slika 3. Integrirani proces projektovanja zelene zgrade koristeći BIM

7.1. Softveri za Zeleni BIM

Postoje različiti programi koji se koriste u Zelenom BIM-u, a izbor zavisi od konkretnog projekta i potreba projekatana, inženjera i izvođača radova.

Neke od najčešće korišćenih softverskih alata za Zeleni BIM uključuju:

- Autodesk Revit
- IES-VE
- Green Building Studio
- DesignBuilder

7.2 BIM i LEED

BIM (Building Information Modeling) i LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) su dva alata koji se koriste za postizanje održivih ciljeva u

projektima građevinarstva. BIM pruža digitalnu platformu za upravljanje informacijama i za generisanje podataka koji su neophodni za LEED kreditni proračun.

Integracija BIM-a u proces projektovanja i izgradnje može pomoći u postizanju LEED sertifikacije kroz efikasnije planiranje, bolje upravljanje resursima, smanjenje otpada i efikasnije izvođenje radova. BIM takođe olakšava proces sertifikacije, jer se podaci o zgradi mogu lako i precizno prikupiti i prenijeti sertifikacijskim tijelima.

8. ISPLATIVOST ZELENE GRADNJE

Privatne investicije se obično zasnivaju na finansijskim koristima, tako na primjeru investicione izgradnje objekata, uspješna realizacija investicionog projekta zahtjeva uštede u komunalnim uslugama kao što su grijanje i hlađenje, povećanje vrijednosti imovine i produženi vijek trajanja građevinskih materijala i samih objekata, pa pošto je većina urbanih zgrada u privatnom vlasništvu, prednosti ulaganja u zelenu infrastrukturu postaju ključne. Iako neke tehnologije i materijali koji se koriste u zelenoj gradnji mogu biti skuplji od tradicionalnih opcija, dugoročne uštede i koristi obično nadmašuju početne troškove. Zato, je zelena gradnja dugoročno isplativa, a takođe ima i društvenu korist u smislu očuvanja životne sredine. To potvrđuje potražnja na tržištu, jer što je zgrada zelenija, ona je ekonomski opravdaniya. Stvar je samo percepcije investitora da li svoje poslovanje bazira na dugoročnim ili kratkoročnim planovima.

Kod dugoročnog planiranja, gdje zelena zgrada tokom svog životnog ciklusa ostane u vlasništvu, bilo vlasnika kao krajnjeg korisnika, ili vlasnika koji rentira prostor, više je nego ekonomski isplativa investicija. Nesporna je veća inicijalna investicija, ali i činjenica da se kasnije dobije objekat koji ima niže operativne troškove tokom upotrebe i održavanja.

Za sada je njihova najveća zastupljenost u komercijalnom sektoru, što samo potvrđuje snažnu motivisanost biznisa u okretanju ka zelenoj gradnji, dok je sasvim drugačija situacija u stambenom dijelu gdje su planovi kratkoročni i završavaju se sa prodajom investicije nakon izgradnje. Iako među investitorima stambenih zgrada ima onih koji rade na podizanju kvaliteta i primjeni zelene gradnje u praksi (najčešće zeleni krova i fasada), najveći broj njih nije motivisan za veća startna ulaganja, jer ne nailaze na takvu potražnju, pa nemaju motivaciju za većim ulaganjem.

9. ZAKLJUČAK

Industrija zelene gradnje brzo se razvija, uz sve veću tendenciju korišćenja alata za rangiranje zelene gradnje. Da bi održivost zgrada imala tržišnu vrijednost, potrebna je standardizovana i sistematska procjena karakteristika zgrada u odnosu na životnu sredinu.

Standardi održive gradnje zasnivaju se na metodologiji, postupcima i indikatorima za utvrđivanje ekoloških karakteristika, koje određuju mreže istraživačkih instituta i agencija. Različiti standardi se služe različitim metodama, ali su principi i ciljevi jednaki.

Cilj zelene gradnje jeste primjena ekoloških i energetski prihvatljivih rješenja. Jedna od glavnih prednosti zelene gradnje je kratko vrijeme povrata investicije u energetsku efikasnost. Obzirom na činjenicu da značajna potrošnja energije i emisije CO₂ dolaze iz građevinskog sektora, tačnije 40% svjetske potrošnje energije, zelena gradnja je jedan od načina primjene strategije održivog razvoja.

Potencijalne koristi koje dovode do održive gradnje koje proističu iz zelenih zgrada su adekvatno adresirane. Primjećuje se da zelene zgrade nude širok spektar prednosti, uključujući smanjenu upotrebu materijala, energije i emisija ugljen dioksida. Čini se da će se praksa zelene gradnje nastaviti da raste iz dana u dan.

10. LITERATURA

- [1] <https://serbiagbc.rs/> Savet zelene gradnje Srbije (januar 2023)
- [2] C.J. Kibert, Sustainable Construction, Green Building Design and Delivery, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2013.
- [3] Davies C. (2015) Green Infrastructure Planning and Implementation: the Status of European green space planning and implementation based on an analysis of selected European city-regions, GREEN SURGE PROJECT
- [4] Dr Maja Todorović i Dr Aleksandar Rajčić, PRIRUČNIK ZA ENERGETSKU CERTIFIKACIJU ZGRADA (ESZ) – VODIČ ZA INVESTITORE, IZVOĐAČE I PROJEKTANTE, 2017.
- [5] Habibi, S. The promise of BIM for improving building performance. Energy Build. 2017.

Kratka biografija:



Marko Brnjoš rođen je u Trebinju 1992. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – "Tehnologija zelene gradnje kao atraktivne investicije u građevinarstvu" odbranio je 2023.god.

Kontakt: markobrnjos777@gmail.com

IDEJNO REŠENJE ZA IZGRADNJU KANALIZACIONE MREŽE U NASELJU VELIKA GREDA**CONCEPTUAL SOLUTION FOR THE CONSTRUCTION OF A SEWAGE NETWORK IN THE SETTLEMENT OF VELIKA GREDA**

Vanja Milanov, Matija Stipić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO – HIDROTEHNIKA**2. KANALIZACIONI SISTEM**

Kratak sadržaj – Tema rada jeste izgradnja kanalizacije upotrebljenih voda i atmosferske kanalizacije. Pomoću softverskog paketa EPASWMM izvršena je hidraulička analiza mreže. Atmosferska kanalizacija dimenzionisana je za padavine dvogodišnjeg povratnog perioda. Nakon toga je mreža proverena za padavine desetogodišnjeg povratnog perioda i analizirana je njena opterećenost. Na kraju su upoređeni rezultati hidrauličke analize sistema pri padavinama različitog povratnog perioda.

Ključne reči: Kanalizaciona mreža, kanalizacija upotrebljene vode, atmosferska kanalizacija, hidraulički proračun

Abstract – The topic of this paper is development of the communal infrastructure for settlement of Velika Greda. The hydraulic analysis of the sewage network was performed using the EPASWMM software package. Atmospheric sewerage is dimensioned for precipitation of a two-year return period. After that, the network was checked for precipitation over a ten-year return period. At the end, the results of the hydraulic analysis of the system were compared for rainfall with different return periods.

Key words: Sewage network, sewerage of used water, atmospheric sewerage, hydraulic calculation

1. UVOD

Velika Greda se nalazi u središnjem delu opštine Planđište [8]. Predmet rada je Idejno rešenje izgradnje kanalizacione mreže u naselju Velika Greda, po separacionom sistemu. U separacionom sistemu najčešće se jednom mrežom kanala odvodi atmosferska voda, a drugom se odvode upotrebljene vode. U radu je sagledano naselje Velika Greda i definisani su osnovni elementi komunalne infrastrukture. Sagledavanjem terena, potom mesta izliva, odnosno recipijeta otpadnih voda [6], izvršeno je trasiranje kanalizacione mreže. Izvršena je hidraulička analiza kanalizacione mreže za odvođenje upotrebljenih voda, kao i atmosferskih voda, pomoću softverskog paketa EPASWMM [9]. S obzirom na to da je naselje Velika Greda, ravničarsko naselje, i pri minimalnim padovima cevi dolazi do velikog ukopavanja, te su na tim mestima predviđene crpne stanice.

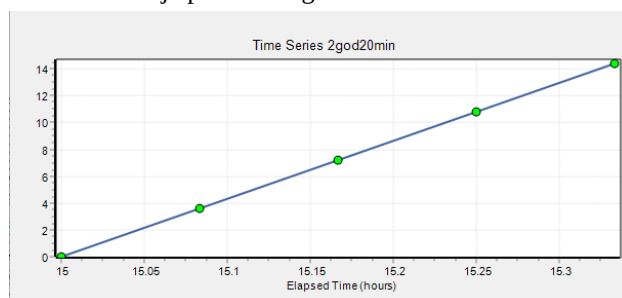
Kanalizacioni sistem predstavlja skup građevinskih objekata koji služe za odvođenje otpadnih voda od korisnika do postrojenja za prečišćavanje ili direktnog ispusta u odgovarajući vodoprijemnik. Njega čine: kanalizaciona mreža, objekti na mreži (crpne stanice, reviziona okna, kućni priključci,...), postrojenje za prečišćavanje otpadne vode i ispust vode u vodoprijemnik. Svaki od ovih elemenata je podjednako bitan za pravilno funkcionisanje kanalizacionog sistema. Kod projektovanja prvo se određuje mesto na kom će se voda ispuštati u vodoprijemnik. Prilikom trasiranja kolektora prati se konfiguracija terena i mesta na kojima se nalaze prepreke koje je potrebno izbeći [1].

3. ATMOSFERSKE PADAVINE

Proticaji u kanalima koji potiču od atmosferskih voda veoma su promenljivi u toku godine. Dok je za vreme suše proticaj atmosferske vode jednak nuli, za vreme kiše naglo raste i proticaj može da bude mnogo veći od ostalih otpadnih voda. Osnovne karakteristike kiše su trajanje, intenzitet, učestalost (povratni period), kao i raspored intenziteta u toku trajanja i površina koju zahvataju, pravac kretanja i doba godine kada se javljaju [5].

3.1. MERODAVNE PADAVINE

Prilikom dimenzionisanja atmosferske kanalizacije, najvažniji ulazni podatak u proračunu su padavine. U ruralnim područjima ne sme doći do preopterećenja mreže, izlivanja ni do tečenja pod pritiskom u cevima kada se mreža dimenzioniše na kišu povratnog perioda jednom u dve godine. Na slici 1 dat je prikaz sumarne linije kiše u trajanju od 20 minuta povratnog perioda jednom u dve godine koja je korišćena prilikom dimenzionisanja predmetnog sistema.



Slika 1. Sumarna linija kiše povratnog perioda 1 u 2 godine u trajanju od 20 minuta

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Matija Stipić.

Za naselje Velika Greda za proveru sistema koristi se kiša povratnog perioda 1 u 10 godina, prilikom koje je dozvoljeno da dođe do tečenja pod pritiskom.

4. CRPNE STANICE

Crpne stanice se primenjuju u kanalizacionoj mreži za podizanje vode iz duboko ukopanih kanala u pliće ukopane kanale, na primer kada je nagib terena manji od najmanjeg dozvoljenog nagiba, zatim za podizanje vode na PPOV ili u odvodnik, kao i na PPOV za prepumpavanje vode i mulja. U crpnim stanicama su smeštene pumpe i sva prateća oprema za podizanje otpadne vode sa nižeg na viši nivo. Postavljaju se na mestima gde cevovod dostigne usvojenu graničnu dubinu ukopavanja, te se na taj način smanjuju prevelika ukopavanja cevovoda, samim tim i investiciona ulaganja. Izbor pumpi je složen proces i najbolji način da se dođe do najjeftinijeg rešenja je tehničko ekonomska analiza, ali u praksi se do rešenja dolazi tako što se protok pumpi bira tako da bude isti ili nešto veći od maksimalnog časovnog protoka koji dolazi na pumpnu stanicu [7]. Za koliko će biti veći zavisi od neravnomernosti dotoka i dozvoljenog vremena zadržavanja vode u crpištu pumpne stanice [2].

5. OBJEKTI NA KANALIZACIONOJ MREŽI

Zatvoreni kolektori koriste se za odvođenje vode sa puteva, gde se celi proticajni profil nalazi u zatvorenoj konstrukciji koja je potpuno ukopana u zemlju. Kružni poprečni presek kolektora se najčešće koristi, a mogu se koristiti i jajasti ili drugi oblici poprečnog preseka. Voda teče gravitaciono, sa slobodnom površinom. Smer tečenja u kolektorima unapred je određen konfiguracijom mreže i nagibima. Otvoreni kanali postavljaju se uz put i/ili unutar razdelnog pojasa kod puteva i ulica. Kanali za odvođenje su najčešće trapeznog poprečnog preseka.

Reviziona okna se postavljaju zbog pristupa kolektorima radi održavanja i popravki. Postavljaju se na početku deonice, na spoju deonice, na mestima promene nagiba, pravaca ili prečnika cevi ili ukoliko imamo pravolinijsku deonicu velike dužine, potrebno je reviziona okna postaviti na rastojanjima do dužine 160 prečnika kolektora. Kaskade se koriste kod savlađivanja denivelacije. U zavisnosti od visinske razlike koju treba savladati i od prečnika cevi koriste se različite vrste kaskada. Oslobođena kinetička energija se pretvara u potencijalnu, zvučnu i toplotnu energiju [4].

6. SOFTVERSKI PAKET EPASWMM

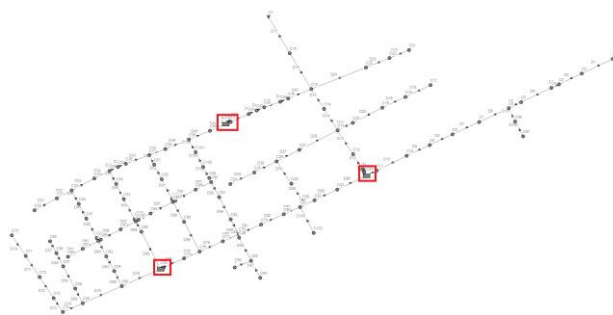
U okviru ovog softverskog modela vrši se proračun tečenja vode kroz mrežu kolektora, čvorova i objekata za raspodelu proticaja do postrojenja za prečišćavanje ili izlaznih čvorova u sistemu. Na ovaj način se simuliraju sledeći objekti: kolektori, šahtovi, preliv, otvori, pumpe, objekti za zadržavanje vode i izlivni objekti. Kanalizacioni sistem je idealizovan kao serija veza ili cevi koje su povezani čvorovima ili spojevima. Čvorovi su elementi sistema za zadržavanje vode koji u stvarnom fizičkom sistemu odgovaraju šahtovima ili spojevima cevi. Promenljive vezane za čvor su zapremina, piježometarska kota i površina. Doticaji (ulazni hidrogram) i izlazni proticaj (prelivi) se u idealizovanoj mreži nalaze u čvorovima. U ulazne parametre spadaju broj stanovnika, projektni period, količina upotrebene vode

naselja, industrije, infiltracija strane vode, tip, prečnik i hrapavost usvojene cevi, dubina polaganja cevi, nagib cevi, koeficijent neravnomernosti stanovništva, površina slivnog područja, nepropusnost, depresije, procenat nepropusne površine bez depresije [3].

7. REZULTATI HIDRAULIČKOG PRORAČUNA

7.1. Rezultati hidrauličkog proračuna kanalizacije upotrebljenih voda

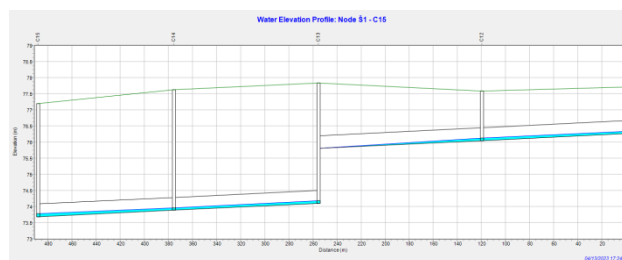
Model kanalizacije upotrebljenih voda za naselje Velika Greda u programskom paketu EPASWMM čini 104 deonica, 108 čvorova, 3 crpne stanice i jedan izliv. Ukupna dužina deonica iznosi 11120.00 m. Prilikom dimenzionisanja kanalizacione mreže, kretalo se pretežno sa minimalnom dubinom ukopavanja cevi od $h_{min} = 1.45$ m, i sa minimalnim padovima cevi. Međutim, zbog topografije terena, na određenim mestima ta dubina ukopavanja dolazi do preporučene maksimalne dubine $h_{max} = 4.2$ m, te su na tim mestima predviđene crpne stanice. Na slici 2 dat je prikaz usvojene kanalizacione mreže, gde su crvenom bojom zaokružena mesta crpnih stanica.



Slika 2. Prikaz kanalizacione mreže upotrebljenih voda

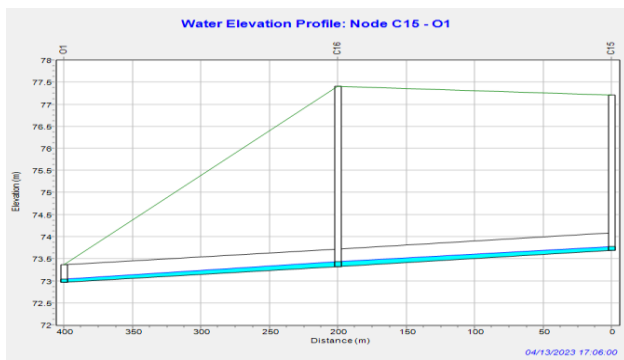
7.2. Prikaz rezultata proračuna kanalizacije upotrebljenih voda

Na podužnom profilu na slici 3 dat je prikaz deonice glavnog kolektora, prema izlivu, sa kaskadom, gde su usvojeni prečnici cevi Ø400 mm, sa nagibom cevi od 1.8%. Takođe, ovde možemo videti i uticaj crpne stanice CS1, nakon čvora Š1, gde se javlja maksimalna brzina tečenja u deonici D12 od 0.41 m/s. Imamo kaskadu u čvoru S13 iz razloga što se iz bočnih ulica uliva kanalizacija, kod koje i sa minimalnim padom dolazi do veće dubine ukopavanja, i onda se od te dubine nastavlja dalje ka PPOV.



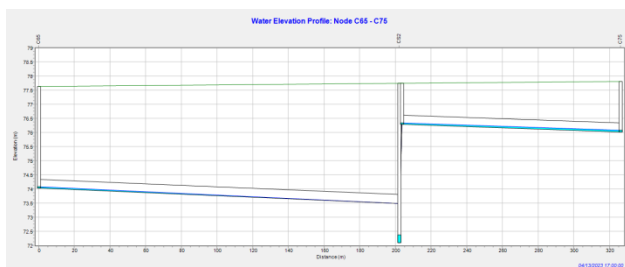
Slika 3. Podužni profil sa primerom kaskade u sistemu

Na slici 4 dat je podužni profil deonice kod izliva, od S15 do O1. U deonici neposredno pre izliva javlja se najveći protok od 12.21 l/s, ispunjenost cevi je 23%. Maksimalna brzina tečenja u deonici D17 je 0.57 m/s. Prečnik cevi date deonice je Ø400 mm, sa nagibom od 1.8%.



Slika 4. Podužni profil kod izliva

Na podužnom profilu na slici 5 dat je primer sa uticajem crpne stanice CS2 gde su usvojeni prečnici cevi Ø315 mm, sa nagibom cevi od 2.68‰ na D76 i 2.2‰ na D77. U trenutku maksimalnog proticaja, brzina u deonici nakon crpne stanice iznosi 0.41 m/s.

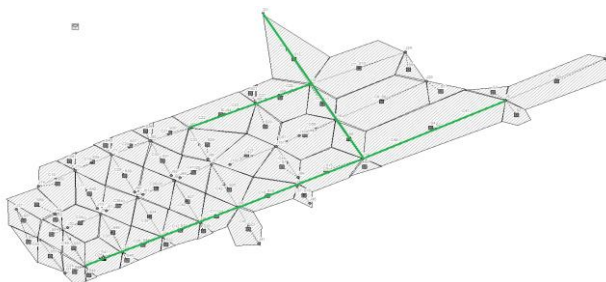


Slika 5. Podužni profil sa crpnom stanicom CS2

7.3. Rezultati hidrauličkog proračuna atmosferske kanalizacije

Mreža je dimenzionisana tako da ne dođe ni do preopterećenja ni do tečenja pod pritiskom pri padavinama povratnog perioda jednom u 2 godine, što je u skladu sa preporukama za dimenzionisanje atmosferske kanalizacije u ruralnim područjima.

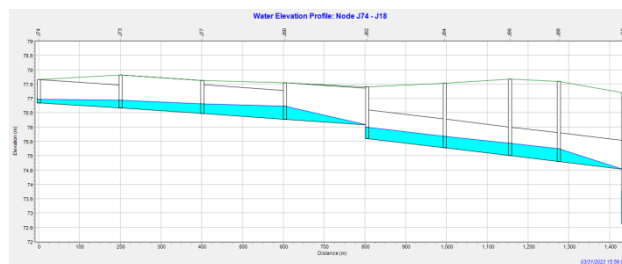
Padavine su podešene tako da počinju u 15 časova i da traju 20 minuta. Pri takvim padavinama maksimalan proticaj kroz izliv je 1190.22 l/s. Model atmosferske kanalizacije za naselje Velika Greda u programskom paketu EPASWMM čini 43 deonice, 44 čvora, 58 podslivova i jedan izliv. Mrežu čine otvoreni kanali, trapezovnog oblika, dok na mestima gde dolazi do velikog ukopavanja kanala, prelazi se na zatvorene kolektore prečnika Ø800 mm i Ø1000 mm. Na slici 6 dat je prikaz mreže atmosferske kanalizacije sa slivnim površinama.



Slika 6. Prikaz mreže atmosferske kanalizacije

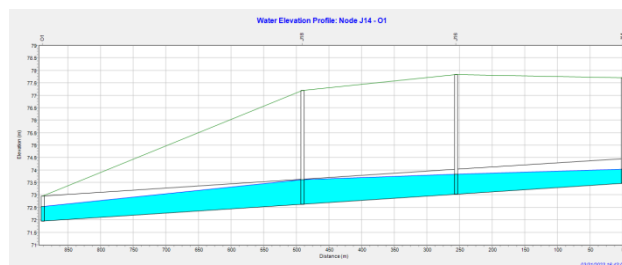
7.4. Prikaz rezultata proračuna atmosferske kanalizacije

Na slici 7 imamo prikaz prelaska sa otvorenih kanala na zatvorene kolektore, prečnika Ø1000 mm, dok je pad kolektora 1.7‰. U trenutku maksimalnog proticaja, ostvaruje se brzina od 1.29 m/s u deonici C28. Otvoreni kolektori prate konfiguraciju terena, sa padom od 0.95‰, kako bi se ostvarile minimalne brzine. U čvoru J82 dubina kanala je 1.27 m, te na tom mestu prelazimo na zatvoreni kolektor, koji dalje odvodi vodu do glavnog kolektora. Mesto susticanja je čvor J18, koji odvodi vodu do izliva.



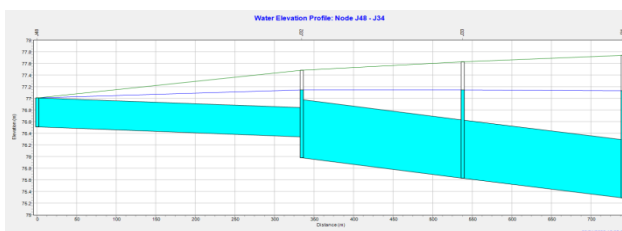
Slika 7. Podužni profil prelaska sa otvorenih kanala od J74 do J82 na zatvorene kolektore od J82 do J18 sa maksimalnom linijom nivoa za kišu povratnog perioda jednom u dve godine

Na slici 9 dat je podužni profil glavnog kolektora i možemo uočiti da u deonici C5 dolazi do maksimalnog stepena ispunjenosti, ali ne dolazi do preliivanja u šahtovima. Prilikom simulacije tečenja, možemo videti da nakon dostizanja pika u 16.13h, kriva opada, odnosno opada i nivo vode u kolektoru, što je i očekivano, jer padavine prestaju.



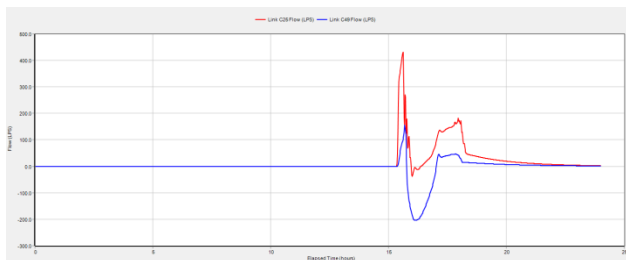
Slika 9. Podužni profil glavnog kolektora

Kada sistem opteretimo kišom desetogodišnjeg povratnog perioda, ni u jednom šahtu ne dolazi do izlivanja. Ono što se dešava u sistemu kod kiša desetogodišnjeg povratnog perioda, jeste „negativni“ protok, odnosno voda počinje da se kreće u suprotnom smeru. To se dešava u deonicama C25 i C49, čiji je podužni profil dat na slici 10. Dakle prilikom padavina desetogodišnjeg povratnog perioda, glavni kolektor je toliko opterećen da voda iz nizvodnih delova počinje da teče ka uzvodnom delu kolektora i ta pojava je na hidrogramu prikazana kao negativan protok.



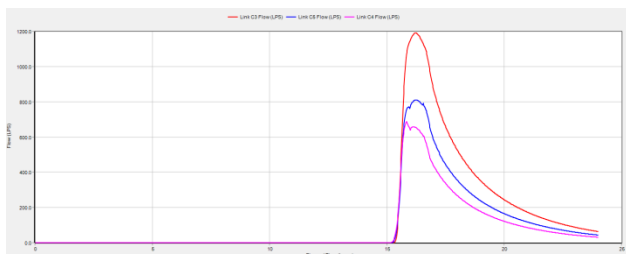
Slika 10. Podužni profil deonice u kojima se javlja „negativan“ protok

Na slici 11 dat je prikaz promene protoka kroz vreme za deonice u kojima se javlja „negativan“ protok.



Slika 11. Promena protoka kroz vreme za deonice u kojima se javlja „negativan“ protok

Što se kolektor nalazi bliže izlivu veći je protok u njemu. Veći protok u cevi koja je bliža izlivu, objašnjava se time što u nju dotiče veća količina vode nego u cevi koje su udaljenije od izliva. Na slici 12 prikazane su promene protoka u glavnom kolektoru, idući ka izlivu.



Slika 12. Promena protoka kroz vreme u kolektoru C3, C4 i C5

8. ZAKLJUČAK

Prilikom dimenzionisanja kanalizacione mreže upotrebljenih voda, kretalo se pretežno sa minimalnom dubinom ukopavanja cevi od $h_{\min} = 1.45$ m, i sa minimalnim padovima cevi. Međutim, zbog topografije terena, na određenim mestima ta dubina ukopavanja dolazi do preporučene maksimalne dubine $h_{\max} = 4.2$ m, te su na tim mestima predviđene crpne stanice. Predviđene su tri crpne stanice. Atmosferska kanalizacija dimenzionisana je za padavine povratnog perioda dve godine, koje traju 20 minuta, a nakon toga je izvršena provera ponašanja sistema za padavine desetogodišnjeg povratnog perioda. U prvoj iteraciji, krenulo se sa postavljanjem otvorenih kanala, manjih dimenzija poprečnih preseka i sa minimalnim nagibom dna. Dakle, mrežu čine otvoreni kanali, trapeznog oblika, dok na mestima gde dolazi do velikog ukopavanja kanala, prelazi se na zatvorene kolektore prečnika Ø800 mm i Ø1000 mm.

9. LITERATURA

- [1] Pisana predavanja iz predmeta Komunalna hidrotehnika za studente IV godine odseka za hidrotehniku. Stipić Matija. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu. Novi Sad 2016;
- [2] Hidromašinska oprema. Dušan Uzelac. FTN Izdavaštvo Novi Sad, 2015
- [3] Storm Water Management Model, User's Manual Version 5.1. EPA. US Environmental Protection Agency, Lewis A. Rossman. September 2015;
- [4] Pisana predavanja iz predmeta Hidraulika II. Budinski Ljubomir;
- [5] Pisana predavanja za predmet Uvod u hidrologiju. Jasna Petrović. Građevinski fakultet u Beogradu. Beograd 2001. godine;
- [6] Prostorni plan opštine Plandište. JP Zavod za urbanizam Vojvodine - Novi Sad, avgust 2007. godine.;
- [7] <https://www.grundfos.com/>;
- [8] <https://www.plandiste-opstina.rs/o-plandistu/naselja/velika-greda/>;
- [9] <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>

Kratka biografija:

Vanja Milanov rođena je u Pirotu 1993. godine. Diplomski rad iz oblasti građevinarstva, na temu „Idejno rešenje vodosnabdevanja naselja Velika Greda“, odbranila je 2019. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Trenutno student master studija istog fakulteta – smer Hidrotehnika.

Matija Stipić je rođen u Somboru 1964. godine. Doktorirao na Fakultetu tehničkih nauka univerziteta u Novom Sadu 2009. godine, a od 2011. god. ima zvanje docenta. Oblasti interesovanja su hidraulika i komunalna hidrotehnika.

ПРОРАЧУН И ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ СТАТИЧКИ НЕОДРЕЂЕНЕ ПРЕТХОДНО НАПРЕГНУТЕ КОНСТРУКЦИЈЕ МОСТА**STRUCTURAL ANALYSIS AND DESIGN OF AN UNDETERMINED PRE-STRESSED STATIC BRIDGE STRUCTURE**

Предраг Деспотовић, Драго Жарковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област: – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У оквиру овог рада приказан је статички и динамички прорачун моста новопроектоване брзе саобраћајнице I-Б реда на стационажи *km 66+270,5* на деоници Кула. Прорачунски модел моста урађен је у софтверском пакету CSiBridge V24 коришћењем просторног модела са површинским коначним елементима као и моделирањем саме распонске конструкције у софтверу SAP2000 V24 помоћу линијских коначних елемената. Преднапрезањем распонске конструкције моста обрађене су теоретске основе везане за статички неодређене констинуалне носаче, упоређене су вредности напона као и утицаја у распонској греди од трајне силе преднапрезања добијене на основу два различита модела, а све према актуелном стандарду Еврокод део EN-1992-1-1 док је димензионисање свих елемената мостовске конструкције извршено за статички и за динамички модел према стандарду Еврокод. Овим радом обрађен је прорачун и димензионисање статички неодређене претходно напрегнуте конструкције моста где су испитане могућности моделирања распонске конструкције поједностављеним линијским моделима и сложенијим просторно површинским моделима, базираним на промени напонског стања услед накнадног преднапрезања.

Кључне речи: Статички и динамички прорачун, мост, CSiBridge, SAP2000, преднапрезање

Abstract – In this work, the static and dynamic structural analysis of the bridge of the new I-B line road at the stop at *km 66+270.5* on the Kula section is presented. The analysis model of the bridge was modelled in the CSiBridge V24 software package using a spatial model with surface finite elements, as well as modelling the span structure itself in the SAP2000 V24 software using line finite elements. By prestressing the bridge span structure, the theoretical bases related to statically indeterminate continuous constructions were processed, the stress values as well as the impact in the span beam from the permanent prestress force obtained on the basis of two different models were compared, all according to the current standard Eurocode part EN-1992-1-1 while the design of all elements of the bridge structure was carried out for the static and for the dynamic model according to the Eurocode standard. This work deals with the design of a statically undetermined prestressed bridge

structure, where the possibilities of modelling the span structure with simplified line models and more complex spatial surface models, based on the change in stress state due to subsequent prestressing, are examined.

Keywords: Static and dynamic calculation, bridge, CSiBridge, SAP2000, prestressing

1. УВОД

У данашње време доста новчаних средстава се улаже у развој копненог саобраћаја. Развојем саобраћајне инфраструктуре долази се и до потребе за пројектовањем мостова, надвожњака, подвожњака, путних објеката преко пута. Како је трасирање саобраћајнице сложеног типа често се јављају и потребе за мостовима средњих и већих распона, а како на тржишту преовлађује технологија извођења бетонских мостова то обично буду бетонски мостови. Да би се испројектовали бетонски мостови већих распона неопходна је и примена преднапреднутог система са високовредним ужадима.

Применом овог система могуће је адекватно испројектовати конструкцију моста а самим тим и успоставити добру усаглашеност са трасером саобраћајнице.

У овом раду приказан је прорачун и димензионисање претходно напрегнуте статички неодређене конструкције моста, стационаже *km 66+270.5* – део Кула која преводи брзу саобраћајницу I-Б реда преко природне препреке – канал Мали Иђош.

Због сложености извођења распонске конструкције огледане применом фазне градње поље по поље, извршена је упоредна анализа напонског стања и порарчуна губитака услед силе преднапрезања поређењем два конструкцијска модела који би за крајњи циљ дали могућност примене моделирања поједностављених раванских линијских система поређењем напона у носачу услед система накнадног преднапрезања, утицаја у носачу услед трајне силе преднапрезања као и приказ угиба. У првом просторном моделу (CsiBridge) примењени су површински коначни елементи док су у другом раванском моделу (SAP2000) примењени линијски коначни елементи. Резултати варијације напонског стања у носачу и силе преднапрезања биће приказани у поглављу 3.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Драго Жарковић, доцент.

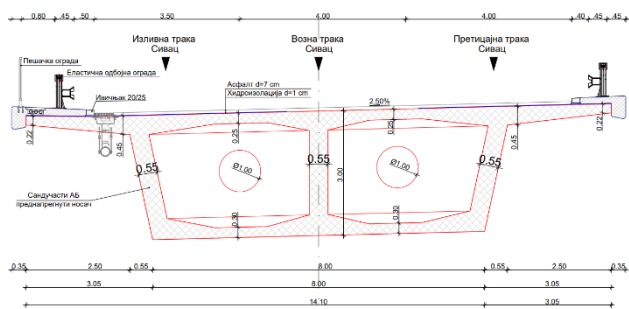
2. ОПИС И МОДЕЛ КОНСТРУКЦИЈЕ

Овај технички извештај описује пројекат моста на стационожи km 66+570,5 разрађеног у нивоу идејног пројекта са локацијом моста у Кули. Статички систем је рамовска континуална конструкција, фазно преднапрегнута са зглобним везама између стубова и распонске конструкције као и између обалних стубова и распонске конструкције. Распони моста су 45m+60m+45m што у збиру даје укупну дужину моста од 150 метара.

Диспозицијом је решено да оса моста заклапа прав угао са низом стубова (3 стуба по ослоначком месту у пољу). Према врсти правца мост је класификован као мост у правцу.

Примењено је накнадно преднапрезање са спојем, од ужади номиналног пречника 15,2 mm система SPB-super.

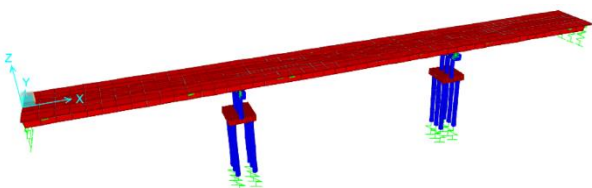
Свако од три ребра садржи по 8 кабела 19Y1860 S7-B. Због примене фазне градње моста у сваком од три ребра каблови су подељени у две групе по 4 кабела за фазно утезање. Траса споменутих каблова има тенденцију да буде конкорданта сопственој тежини моста, стога се усвојила као траса која меандрира око тежишне осе моста. Због превеликих савојних утицаја, у доњој фланши моста на средини распона додато је још 6 кабела 7Y1860 S7-B-15,2.



Слика 1 – попречни пресек моста у пољу

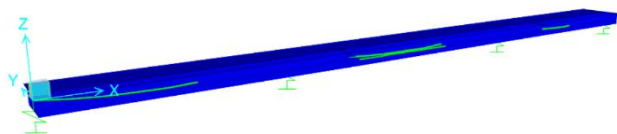
Анализа оптерећења урађена је у складу са стандардом Еврокод део EN-1991

У првом прорачунском моделу примењено је просторно моделирање распонске конструкције моста помоћу површинских коначних елемената. На слици 2 приказан је рендеровани просторни приказ модела у програмском пакету CSiBridge:



Слика 2 – просторни модел моста за структуралну анализу

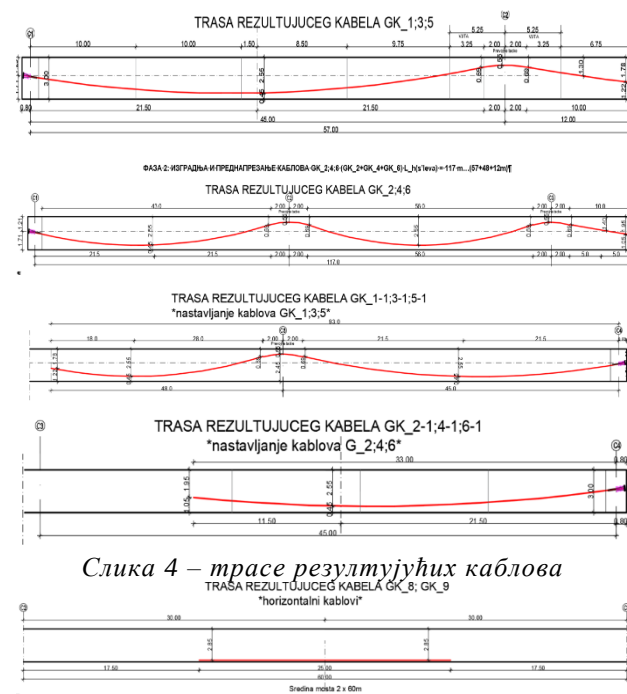
У другом прорачунском моделу распонска конструкција моста моделирана је линијским коначним елементима у програму SAP2000. Попречни пресек греде направљен је помоћу опције "section designer" у складу са сликом 1. Распонска



Слика 3 – линијски модел греде конструкција у овом случају је ослоњена на крајевима покретно у подужном правцу и на крајњем месту торзионо укљештена док је на средњим ослонцима постављено непокретно лежиште.

И у једном и у другом моделу коришћен је модул нелинеарне фазне градње за контролу напона.

Приказ усвојене трасе каблова (слика 4)



Слика 4 – трасе резултујућих каблова
TRASA REZULTUJUĆEG KABLOVA GK_8; GK_9
"horizontalni kablovi"

3. РЕЗУЛТАТИ АНАЛИЗЕ

Код статички одређених носача сила притиска настала затезањем кабела P_m на неком ексцентрицитету e од тежишне осе ствара моменте савијања у носачу једнак $M_{pm} = P_m \cdot e$ (1)

Међутим код статички неодређених носача, било спољашње неодређених или унутрашње неодређених носача, момент савијања настао од силе преднапрезања на некој удаљености e од тежишне осе неће бити једнак горе споменутој једначини (1) већ ће се та вредност разликовати за износ секундарних утицаја ΔM_{ks} и може се срачунати према изразу (2).

$$\Delta M_{ks} = M_k - P_m \cdot e \quad (2),$$

где је M_k вредност момента од силе преднапрезања срачунате преко еквивалентног оптерећења а ΔM_{ks} вредност секундарног момента. Тако добијена

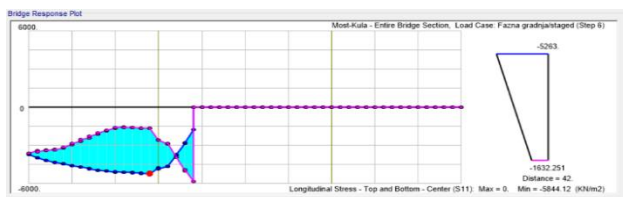
вредност секундарног момента се сабира са вредношћу прорачунског момента и користи се искључиво за димензионисање пресека.

$$M_{Ed,s} = M_{Ed} + \Delta M_{ks} \dots\dots\dots(3)$$

Где је $M_{Ed,s}$ прорачунска вредност момента за димензионисање пресека.

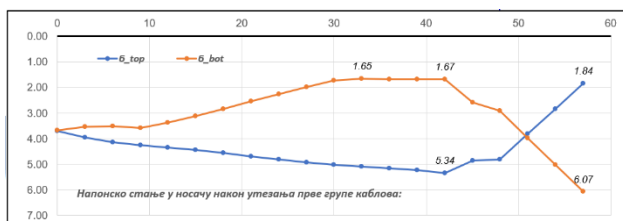
Код напонских контрола у попречном пресеку као и код прорачуна угиба користи се вредност силе преднапрезања срачунате преко еквивалентног оптерећења.

У првој фази утезања каблова и један и други модел дали су приближно исту слику напонског стања. У првој фази носач је статички одређена греда са препустом стога није дошло до прерасподеле оптерећења и утицаји су приближни.



Слика 5-напон по дужини носача добијен софтвером CSiBridge за фазу 1

На слици 5 приказан је управни напон по дужини носача. За тачку на удаљености $x=42m$ вредност напона износи $\sigma_{top} = -5,26 MPa$, $\sigma_{bot} = -1,6 MPa$.



Слика 6- напон по дужини носача добијен софтвером SAP2000 за фазу 1

На слици 6 приказан је управни напон по дужини носача. За тачку на удаљености $x=42m$ вредност напона износи $\sigma_{top} = -5,34 MPa$, $\sigma_{bot} = -1,67 MPa$.

У наредном кораку приказаће се упоредне вредности напона срачунате на оба модела за све фазе извођења.

софтвери	Мра	фаза 1		фаза 2		фаза 3		фаза 4		фаза 5	
		X = 18m	X = 42m	X = 18m	X = 75m	X = 75m	X = 102m	X = 102m	X = 135m	X = 135m	X = 102m
CSiBridge (staged construction)	σ_{top}	-4.31	-5.26	-3	2.6	-7.5	-10.25	-11.3	-3.9	-11.55	
	σ_{bot}	-2.4	-1.6	-13.11	-7.8	-3.75	-1.87	-0.3	-11.25	0	
SAP2000 (staged construction)	σ_{top}	-4.38	-5.34	-2.5	2.01	-7.11	-9.39	-10.79	-2.69	-11.85	
	σ_{bot}	-2.44	-1.67	-12.86	-7.26	-4.16	-2.87	-0.96	-13.1	-0.87	

Табела 1-приказ напона за све фазе извођења и утезања

У табели 1, приказане су вредности напона за карактеристичне тачке носача за све фазе извођења конструкције и утезања каблова. Након тренутних губитака силе преднапрезања (и делом временских због тока извођења конструкције) разлике које су се добиле између просторно површинског и линијског модела приближно износе 20-25% са карактеристичном разликом напона затезања у другој фази на удаљености $X=75m$ где се са софтвером SAP2000 на линијском моделу добио напон затезања

горње зоне од $\sigma_{top} = 2,01 MPa$ док се простопним моделом CSiBridge добио напон затезања горње зоне од $\sigma_{top} = 2,6 MPa$. Овде се већ може уочити да линијски модел даје ниже вредности напона затезања што овај модел одвлачи на страну неконзервативности.

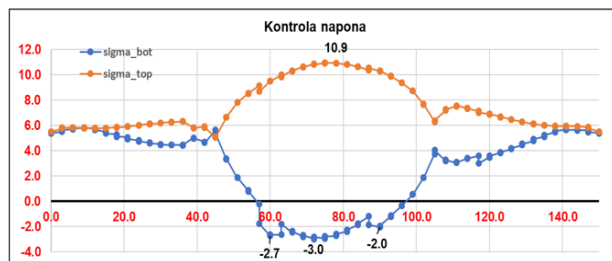
У даљем наставку рада приказаће се напонска стања у носачу за експлоатациони период.

софтвери	Мра	експлоатација		
		X = 18m	X = 75m	X = 135m
CSiBridge (staged construction)	σ_{top}	-5.95	-10.9	-6.05
	σ_{bot}	-5.1	3	-4.2
SAP2000 (staged construction)	σ_{top}	-3.71	-8.88	-3.99
	σ_{bot}	-3.41	1.6	-1.91

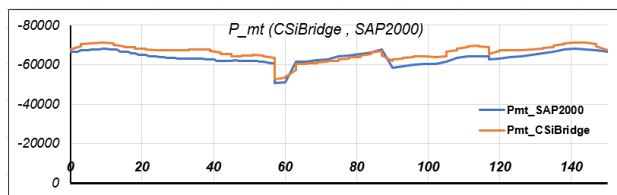
Табела 2- напонско стање у току експлоат.

Са табеле изнад уочавају се сада значајнија одступања напона контролисана просторно површинским и линијским моделом. Линијским моделом добијене су неконзервативније вредности напона чак и до 45% у критичним пресецима. Могло би се закључити да је по напонском стању доста боље и сигурније користити површинске моделе због тачније прерасподеле утицаја у модулима нелинеарне фазне градње као и због контроле напона затезања код претходно напрегнутих система.

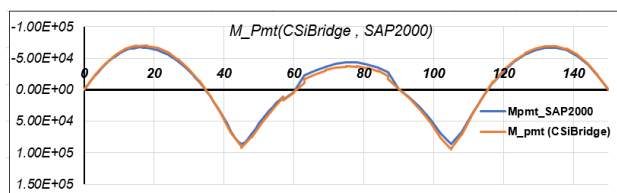
Комб: G(stg:con)+dg+Pn_t+CSi.inf+dTM_heat+0,375dTN.exp+0,75-TS+0,4(UDL+PS)[]



Слика 7-CSiBridge напон за меродавну комбинацију оптерећења у току експлоатације.



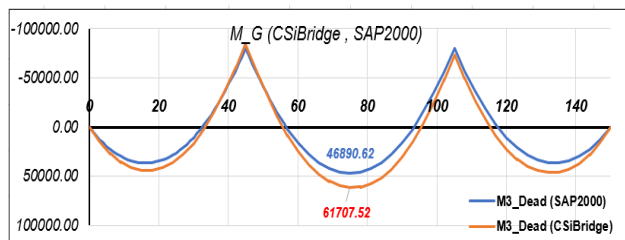
Слика 8 – коначна сила преднапрезања



Слика 9 – моменти савијања од трајне силе преднапрезања

На слици 8 приказан је ток силе преднапрезања у софтверима CSiBridge – просторни модел и SAP2000-линијски модел. Разлика у силама није велика и по овом критеријуму модели су упоредиви.

На слици 9 приказан је дијаграм момената савијања услед трајне силе преданпрезања. Дијаграми су приближног интензитета са разликом око 5 % што је у инжењерској пракси прихватљиво (горња граница прихватљивости).



Слика 10 – дијаграм момената савијања услед сопствене тежине

На слици 10 се уочава значајна разлика момената савијања у поређењу просторног и линијског модела. Са просторним моделом добијен је дијаграм момената савијања у средњем пољу у износу $M = 61\,708\text{ kNm}$ што је за 24% већи утицај савијања од модела са линијским коначним елементима који резултује моментом савијања $M = 46\,890\text{ kNm}$.

Утицај прерасподеле оптерећења има значајну улогу на прорачун напонског стања, овде се може рећи да је разлика напона затезања настала у другој фази извођења конструкције као и током експлоатације у највећој мери проистекла из разлике утицаја од сопствене тежине.

Карактер. пресеци	18 m	75 m	132 m
U _z (mm)			
U _z (staged cons.), 3D model	45	103	36
U _z (linear constr.) 3D model	49	107,8	44
U _z (staged cons.), 2D model	28	80	48
U _z (linear constr.) 2D model	32	71	32

Табела 1-приказ вертикалне деформације од сопствене тежине

У табели 1 приказане су вредности угиба карактеристичних тачака моста у пољу. Као и до сада поређени су равански и просторни модел конструкције. Разматрало се понашање носача применом модула фазне изградње и применом модула линеарне изградње (носач изливен изједно-континуална греда).

И у једном и у другом случају просторни модел конструкције дао је угибе који се од линијских модела разликују за 20%, по овом критеријуму линијски модели имају неконзервативнији приступ а опет се то може објаснити прерасподелом оптерећења услед фаза изградње.

4. ЗАКЉУЧАК

У оквиру овог рада приказана је упоредна анализа просторног модела конструкције применом софтвера CSiBridge V24 i линијског поједностављеног модела

конструкције моста применом софтвера SAP2000. Након спроведене упоредне анализе ова два модела дошло се до закључка да се трајна сила преднапрезања на линијском моделу не разликује у великој мери од силе преднапрезања добијене просторним моделом. Глобално силе преднапрезања се разликују од 5-7% што би за прелиминарне анализе било сасвим прихватљиво.

Због разлике у прерасподели оптерећења услед сопствене тежине линијски модели би могли потценити прорачунске вредности утицаја.

Као закључак овог рада могло би се констатовати да је линијски модел конструкције употребљив за нека прелиминарна решења где се не тражи велики ниво детаљности, док би се за даљи ниво прорачуна требао користити просторни модел.

5. ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Пржуљ М., 2014, Мостови
- [2] Андорић Б., Чаушевић М., Дујмовић Д., Џеба И., Маркулак Д., Перош Б., 2005, Челочни и спрегнути мостови
- [3] Рашета А., Цолев И., 2018, Предавање из предмета: Мостови и пројектовање бетонских и металних мостова
- [4] Алendar В., 2003, Претходно напрегнути бетон
- [5] SRPS EN 1990, 2012, Основе пројектовања конструкција
- [6] SRPS EN 1990/NA, 2012, Основе пројектовања конструкција – национални анекс
- [7] SRPS EN 1991, 2012, Дејства на конструкције
- [8] Еврокод 1, 2020, Дејства на конструкције- национални прилози
- [9] SRPS EN 1992-1-1, 2015, Пројектовање бетонских конструкција
- [10] Еврокод 2, 2022, Пројектовање бетонских конструкција-национални прилози

Кратка биографија:



Предраг Деспотовић, рођен у Лозници 1998. године. Мастер рад на Факултету техничких наука у Новом Саду, на смеру Грађевинарство-конструкције одбранио је 2023. године.

Контакт:

predragdespotovic614@gmail.com.



Драго Жарковић рођен 1985. године у Задру. Од 2009.-2015. године радио као стално запослен у пројектним бироима а од 2015. године је запослен на Факултету техничких наука као асистент. Од 2021. године је запослен као

доцент на факултету техничких наука универзитета у Новом саду.

PROCENA STANJA I ENERGETSKA SANACIJA VIŠEPORODIČNE STAMBENE ZGRADE U NOVOM SADU, U ULICI KALMANA LANGA**ASSESSMENT OF THE CONDITION AND ENERGY RENOVATION OF THE MULTI-FAMILY RESIDENTIAL BUILDING IN NOVI SAD IN KALMAN LANG STREET**

Stefan Mitrović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Rad se sastoji iz teorijsko-istraživačkog i praktičnog dela. U prvom delu rada opisana je primena obnovljivih izvora energije u zgradarstvu. Procena stanja za stambeni objekat na Detelinari, je odrađena u praktičnom delu rada, koji obuhvata i proračun energetske efikasnosti za pomenuti objekat. Proračun energetske efikasnosti je ponovljen nakon primene predloženih mera energetske sanacije objekta. Prvobitnim proračunom objekat je svrstan u energetski razred E, a nakon energetske sanacije svrstan je u energetski razred C.

Ključne reči: Obnovljivi izvori energije, Procena stanja, Energetska efikasnost, Sanacija

Abstract – The paper consists of a theoretical research and a practical part. In the first part of the paper, the application of renewable energy sources in civil engineering was described. The practical part of the paper comprises the assessment of the condition of a residential building located in Detelinara including the calculation of energy efficiency of the mentioned building. After the implementation of the proposed energy rehabilitation measures of the building, the energy efficiency was calculated again. According to the original calculation, the building was classified into energy class E, and after the energy rehabilitation, it was classified into energy class C.

Keywords: Renewable energy, Condition assessment, Energetic efficiency, Sanitation

1. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U ZGRADARSTVU**1.1. Opšte o obnovljivim izvorima energije**

Odnos čoveka prema okolini pre industrijske i tehnološke revolucije i njenog daljeg prosperiteta bio je usmeren prilagođavanju čoveka prirodi i životu u skladu sa njom. Energetski resursi su se smatrali nedostupnim za široku primenu. Razvoj industrije sa nemilosrdnim iscrpljivanjem prirodnih resursa kao i sa neodgovarajućim načinom gradnje objekata doveo je do alarmatnog epiloga. Narušeno je i zagađeno prirodno okruženje do te mere da se dovodi u pitanje opstanak čoveka na Zemlji.

Svet mora da prestane neracionalno da koristi energiju iz fosilnih goriva i počne da se oslanja na obnovljive i čiste izvore, kao i da počne racionalno da proizvodi i troši

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Malešev, red. prof.

energiju u svojim domenima. Za razliku od energije iz fosilnih goriva, obnovljivi izvori energije su dosledni i ekološki su prihvatljivi. Njihova obnovljivost ne zavisi od potrošnje resursa već od razvoja tehnoloških kapaciteta, kao što su turbine, fotonaponske ćelije, termički senzori, mehanička klatna i propeleri.

U obnovljive izvore energije (OIE) u zgradarstvu se ubraja:

- 1) Solarna energija
- 2) Energija vetra
- 3) Biomasa
- 4) Geotermalna energija
- 5) Hidroenergija

Na slici 1. prikazana je povezanost različitih oblika obnovljive energije na osnovu kojih zgrada može da podmiri toplotne potrebe za zagrevanje vode i prostorija, kao i proizvodnju električne energije iz sopstvenih izvora.



Slika 1. Prikaz različitih oblika OIE u zgradarstvu

1.2. Primena OIE u zgradarstvu

Energija koja se dobija od sunca je potpuno čist oblik energije koja nema štetan uticaj na okolinu. Najčešće se u zgradarstvu sunčeva energija koristi pomoću solarinih panela, koji stvaraju toplotnu energiju za zagrevanje vode ili predmeta. Takođe se solarna energija može pretvoriti u električnu energiju korišćenjem fotonaponskih (solarnih) ćelija. Nedostatak solarne energije je u dnevnom ili sezonskom oscilovanju vremenskih uslova.

Energija vetra je jedan od najzastupljenijih obnovljivih izvora energije u svetu. Predstavlja kinetičku energiju kretanja vazdušne mase, koja se uz određena tehnička rešenja može pretvoriti u druge oblike energije, pogodne za praktične potrebe čoveka. Korišćenje energije vetra je moguće uz sistematsko praćenje atlasa sa karakteristikama, brzinom vetra, visinom na kojoj ima zadovoljavajuću jačinu, intenzitetom vetra i pritiskom.

Biomasa takođe klasifikujemo u obnovljiv izvor energije obzirom da se biljna i životinjska materija u prirodi stalno obnavlja. Biomasa može poslužiti kao energent za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije primenom Organskog Rankinovog Ciklusa (ORC).

Geotermalna energija je energija koja nastaje u unutrašnjosti zemlje pri raspadanju radioaktivnih elemenata. Za stambene potrebe u individualnim i kolektivnim stambenim zgradama, geotermalna energija je najjednostavniji način za zagrevanje i hlađenje vode pomoću toplotnih pumpi.

Hidroenergija predstavlja energiju koja potiče od snage vode. Rečni tokovi se koriste za pokretanje generatora pomoću kojih se dobija električna energija. U slučaju zgrada, hidroenergija može biti zanimljiva za zagrevanje ili sušenje zgrada preko toplotnih pumpi.

2. TEHNIČKI OPIS

2.1. Lokacija objekta

Predmetni objekat se nalazi u Novom Sadu na Detelinari, u ulici Kalmana Langa 1, na katarstarskoj parceli 5427, K.O. Novi Sad I. Prilaz parceli i objektu je obezbeđen iz postojeće ulice u naselju.

2.2. Funkcionalnost objekta

Predmetni objekat je stambena zgrada koja je spratnosti Su+P+5 (suteran, prizemlje i 5 spratova). Objekat je približno pravougaone osnove, 17,2x14,7m spoljašnje dimenzije. U suteranu objekta se nalaze tehničke prostorije, dok se u prizemlju i svim ostalim etažama nalaze po četiri stambene jedinice. Objekat ima ukupno 24 stambene jedinice.

Ulaz u objekat je sa istočne strane. Vertikalna komunikacija u objektu je obezbeđena sa jednokrakim stepeništem. Svetla visina etaža iznosi 2,76m.

2.3. Konstrukcija objekta

Postojeći objekat građen je u klasičnom sistemu, sa nosećim zidovima od pune opeke. Osnovni konstruktivni sistem objekta su poprečni i spoljni obimni zidovi od pune opeke zidani u produžnom cementnom malteru. Debljina nosećih zidova je 25cm i 38cm, dok si pregradni zidovi u stanovima debljine 12cm.

Međuspratna konstrukcija je sitnorebrasta ukrucena sa horizontalnim serklazima po obodu.

Objekat je fundiran na temeljnim trakama koje se nalaze ispod nosećih zidova.

Vertikalna komunikacija u objektu je obezbeđena sa jednokrakim stepeništem ukupne širine 1,2m.

Za konstrukciju objekta primenjeni su sledeći materijali:

Čelik za armiranje: RA 400/500, MA 500/600 (B500B, B500A)

Marka betona: MB30(C25/30) - za sve betonske elemente konstrukcije.

3. PROCENA STANJA OBJEKTA

3.1. Vizuelni pregled objekta

Cilj vizuelnog pregleda jeste proveravanje geometrije objekta i dimenzija konstruktivnih elemenata, registrovanje i klasifikacija vidljivih oštećenja, ucertavanje 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.

Defekti predstavljaju posledicu grešaka u fazi projektovanja, izvođenja ili usled izbora neodgovarajućih materijala. Manifestuju se u vidu betonskih gnijezda, zona segregacije, nedovoljne debljine zaštitnog sloja betona, geometrijskih imperfekcija, itd.

Oštećenja su posledica incidentnih dejstava, mehaničkih uticaja, hemijske agresije i fizičkih uticaja (npr. Zemljotres, eksplozija, bombardovanje, požar, preopterećenje, korozija, mraz, trenje, itd.). Manifestuje se u obliku prslina, pukotina, raslojavanja, ljuskanja, otpadanja površinskih delova, udubljenja, rupa, mrlja, itd.

Prilikom procene stanja obavljen je vizuelni pregled glavne fasade objekta. Tokom pregleda, provereni su dostupni elementi konstrukcije i njihova usaglašenost sa projektovanim stanjem (dimenzije i dispozicije). Takođe, su registrovana sva vidljiva oštećenja i defekti, kao i uzroci njihovog nastanka.

3.2. Vizuelni pregled fasada objekta

Tokom pregleda zidova istočne fasade objekta primjećena su ivična oštećenja fasada u obliku otpadanja ivica maltera.

Na južnoj fasadi objekta mogu se primjetiti mrlje usled slivanja atmosferske vode. Na fasadi postoje i lokalni krateri u malteru fasade, kao i mehanička oštećenja ivica. Dodatno je narušen i estetski izgled fasade sa grafitima.

Na zapadnoj fasadi objekta mogu se uočiti mehanička oštećenja fasade usled provođenja instalacija. Takođe kao i kod južne fasade i na ovoj fasadi je narušen estetski izgled fasade grafitima.

Sjeverna fasada objekta je ujedno i najoštećenija fasada. Pri pregledu fasade uočena su oštećenja u obliku otpadanja površinskog djela fasade, mehanička oštećenja, mrlje usled slivanja atmosferske vode kao i oštećenja ivičnih delova fasade.

3.3. Analiza uočenih oštećenja

Nakon obavljenog vizuelnog pregleda koji je obuhvatao pregled fasada objekta, dokumentovanja i definisanja uzroka registrovanih oštećenja, formirana je grafička dokumentacija o lokacijama i zastupljenosti uočenih oštećenja. Najčešća uočena oštećenja su:

- mrlje usled slevanje atmosferske vode,
- otpadanje delova fasade,
- mehaničko oštećenje ivica fasade
- mehanička oštećenja fasade usled provođenja instalacija
- estetsko narušavanje fasade grafitima

3.4. Zaključak o proceni stanja konstrukcije

Iz priložene analize oštećenja i njihovih uzroka zaključuje se:

Na osnovu vizuelnog pregleda objekta utvrđeno je da su oštećenja lokalnog karaktera i da iz tog razloga ne utiču na nosivost, stabilnost i funkcionalnost objekta.

4. PRORAČUN ENERGETSKE EFIKSNOSTI POSTOJEĆEG STANJA OBJEKTA

Elaborat energetske efikasnosti objekta odnosno proračun energetske efikasnosti je izrađen prema važećem Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada, „Službeni glasnik RS“ br. 061/2011, objavljen 19.08.2011. godine.

Termički omotač zgrade čine: podna ploča prizemlja, deo ploče iznad ulaznog hodnika, spoljašnji fasadni zidovi, zidovi prema negrejanom prostoru, međuspratna kon-

strukcija prema negrijanom krovnom prostoru, kao i sve transparentne površine, odnosno prozori i balkonska vrata. Za sve navedene pozicije odrađen je proračun građevinske fizike (prolaz toplote, difuzija vodene pare, proračun ljetne stabilnosti). Pri prolazu toplote kroz elemente upoređivana je najveća dozvoljena vrednost koeficijenta prolaska toplote $U_{\max}$ sa proračunatim koeficijentom prolaza toplote za svaki element U . Ni jedan od elemenata termičkog omotača nije zadovoljio ovaj uslov. U tabeli 1. su date vrednosti koeficijenata prolaska toplote za sve elemente termičkog omotača.

Tabela 1. Pregled koeficijenata prolaska toplote U

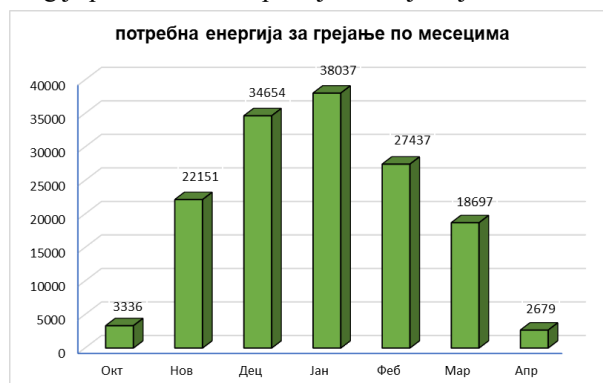
Elementi termičkog omotača	Pozicija	U [W/m ² K]	$U_{\max}$ [W/m ² K]	Ispunjeno DA / NE
Spoljašnji zidovi	POS Z1	1,356	0,40	NE
	POS Z2	1,765	0,40	NE
	POS Z3	1,381	0,40	NE
Unutrašnji zidovi ka negrejanom prostoru	POS Z4	1,537	0,55	NE
	POS Z5	2,085	0,55	NE
	POS Z6	1,456	0,55	NE
Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora	POS MK1	1,576	0,40	NE
	POS MK2	1,678	0,40	NE
Međuspratna konstrukcija ka negrejanom krovnom prostoru	POS KK1	2,224	0,20	NE
	POS KK2	0,275	0,20	NE
Prozori	POS PR1	3,50	1,50	NE
	POS PR2	3,50	1,50	NE
	POS PR3	3,50	1,50	NE
	POS PR4	3,50	1,50	NE
	POS PR5	3,50	1,50	NE
	POS PR6	3,50	1,50	NE
Vrata (ka negrejanom prostoru)	POS V1	2,00	-	-

Nakon proračuna građevinske fizike za transparentne i ne-transparentne elemente, određeni su toplotni gubici objekta. Izračunati su transmisijoni gubici toplote kroz transparentne i netransparentne površine, kao i ventilacioni i linijski gubici. Na osnovu proračuna utvrđeno je da su najveći gubici usled transmisijonih gubitaka kroz netransparentne površine, 50% (51,02 kW), zatim transmisijoni gubici kroz transparentne površine, 26% (26,10 kW), ventilacioni gubici, 19% (19,10 kW), dok su najmanji linijski gubici, 5% (5,64 kW). Na grafiku 1. prikazani su gubici toplote.



Grafik 1. Prikaz gubitka toplote

Na osnovu energetske potrebe zgrade određena je potrebna energija za grejanje po mesecima. Prema Pravilniku o uslovima, sadržaju i postupku izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrade, razmatrani objekat je svrstan u E energetske razred. Na grafiku 2. prikazana je potrebna energija po mesecima za postojeće stanje objekta.



Grafik 2. Potrebna energija za grejanje

5. MERE ENERGETSKE SANACIJE I PRORAČUN ENERGETSKE EFIKSNOSTI SANIRANOG OBJEKTA

Energetska sanacija zgrade predstavlja izvođenje građevinskih i drugih radova na postojećoj zgradi, kao i popravka ili zamjena uređaja, postojenja, opreme i instalacija, a kojima se ne utiče na stabilnost i sigurnost objekta, ne menjaju konstruktivni elementi, ne utiče na bezbednost susjednih objekata, saobraćaja, ne utiče na zaštitu od požara i zaštitu životne sredine ali kojima se menja spoljašnji izgled uz potrebne saglasnosti, u cilju povećanja njene energetske efikasnosti.

Energetska sanacija se sprovodi prema najvećim gubicima toplote. Na analiziranom objektu neophodno je sanirati spoljašnje zidove (POS Z1; POS Z2; POS Z3), zid ka negrejanom prostoru (POS Z6), međuspratnu konstrukciju iznad negrejanog prostora (POS MK1, POS MK2), kao i zamjeniti sve transparentne pozicije (prozore).

Na osnovu zahteva, kao izolacioni materijal za sve spoljašnje zivode usvojena je kamena mineralna vuna oznake „FKD-S Thermal“ koju proizvodi „Knauf Insulation d.o.o.“. Za sanaciju zida ka negrejanom prostoru POS Z6 usvaju se "Drvolit" ploče od vlakana drvene vune.

Za sanaciju međuspratnih konstrukcija iznad negrejanog prostora (POS MK1; POS MK2) usvaju se "Drvolit" ploče od vlakana drvene vune.

Svi prozori i balkonska vrata, koji se nalaze u termičkom omotaču zgrade, biće zamenjeni sa PVC stolarijom. Pri energetske sanaciji objekta biće korišćen petokomorni PVC profil (REHAU EURO 70 DESIGN) sa dvostrukim staklom (d=4-12-4mm) punjenim ksenonom.

Nakon predloženim mera ponovljen je proračun energetske efikasnosti za sve nove sklopove. Na grafiku 3. Prikazani su gubici toplote energetski saniranog objekta.

Transmisijoni gubici kroz netransparentne površine, 32% (15,66 kW), zatim transmisijoni gubici kroz transparentne površine, 24% (11,69 kW), ventilacioni gubici, 32% (15,94 kW), dok su najmanji linijski gubici, 12% (5,67 kW). Zgrada se svrstava u energetske razred C, čime se može konstatovati uspešnost energetske sanacije.



График 3. Prikaz gubitka toplote saniranog objekta

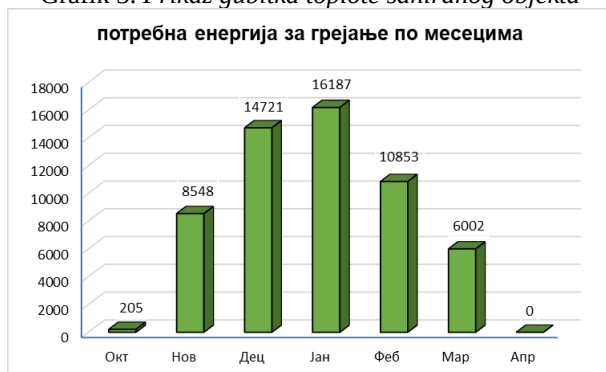


График 4. Потребна енергија за грејање санiranог objekta

6. ZAKLJUČAK

U prvom delu rada koji je teorijsko-istraživačkog karaktera opisana je primena obnovljivih izvora energije u zgradarstvu. Solarna energija, energija vetra, biomasa, geotermalna energija i hidroenergija su energije koje treba eksploatisati za razliku od fosilnih goriva, nafte i uglja.

U drugom delu rada, koji je praktičnog karaktera, prikazana je procena stanja stambenog objekta na Detelinari. Na osnovu vizuelnog pregleda objekta utvrđeno je da su oštećenja lokalnog karaktera i iz tog razloga ne utiču na nosivost, stabilnost i funkcionalnost objekta.

Nakon procene stanja objekta pristupilo se proračunu energetske efikasnosti zgrade prema važećem Pravilniku o energetskej efikasnosti zgrade. Proračunom postojećeg stanja objekta utvrđeno da se zgrada ispunjava uslove za energetske razred E. U cilju smanjenja količine energije potrebne za zagrevanje, poboljšane su karakteristike elemenata: spoljašnji zidovi (POS Z01; POS Z02; POS Z03) izolovani kamenom vunom; zid ka negrejanom prostoru (POS Z06) i međuspratne konstrukcije ka negrejanom prostoru (POS MK1; POS MK2) izolovani „Drvolit“ pločama; prozori i balkonska vrata zamenjeni sa PVC profilima.

Nakon primene sanacionih mera za poboljšanje energetske efikasnosti objekta, novim elaboratom energetske efikasnosti dokazano da se zgrada nalazi u energetskej razredu C i samim tim zadovoljava energetske zahteve za postojeće zgrade prema Pravilniku o energetskej efikasnosti zgrade.

7. LITERATURA

- [1] Malešev M., Radonjanin V.: Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [2] Malešev M., Radonjanin V.: Oštećenja i sanacija zidanih, čeličnih i drvenih konstrukcija, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [3] Inženjerska komora Srbije: Predavanja za obuku o energetskej efikasnosti zgrada, Beograd, 2012.
- [4] Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja se sertifikata o energetskej svojstvima zgrada (Sl. glasnik RS", br. 69/2012 i 44/2018)
- [5] Pravilnik o tehničkim zahtevima bezbednosti od požara spoljnih zidova zgrada, (Službeni glasnik RS", br. 59 od 28. juna 2016, 36 od 13. aprila 2017, 6 od 1. februara 2019)
- [6] Pravilniku o energetskej efikasnosti zgrada, „Službeni glasnik RS“ br. 061/2011, objavljen 19.08.2011. godine.
- [7] Nj. Dragović, M. Vuković and I. Urošević, "Primena obnovljivih izvora energije u zgradarstvu," 2020.
- [8] Energetska efikasnost: <https://energetskiportal.rs/>
- [9] Energetska efikasnost građevinskih objekata: <http://www.designn2.com/home/energetska-efikasnost-građevinskih-objekata>
- [10] Obnovljivi izvori energije: <http://www.zelenaenergija.pks.rs/>
- [11] Obnovljivi izvori energije: <https://www.esco.rs/>
- [12] PVC stolarija: <https://www.profiplast.rs/rehau-prozori/rehau-brillant/>
- [13] Izolacioni materijali: <https://www.knaufinsulation.rs/>

Kratka biografija:



Stefan Mitrović rođen je u Loznici 1998. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo - Konstrukcije, trajnost, procena stanja i sanacija betonskih konstrukcija, odbranio je 2023. godine. Kontakt: mitrovics998@gmail.com

**PROCENA STANJA I ENERGETSKA SANACIJA KRILA D KOMPLEKSA ZGRADA
ŽELEZNIČKE STANICE NOVI SAD****CONDITION ASSESSMENT AND ENERGY RENOVATION OF WING D OF THE NOVI
SAD RAILWAY STATION BUILDING COMPLEX**

Sonja Miletić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Rad se sastoji od teorijskog i praktičnog dela. U teorijskom delu su opisane vrste energetske efikasne kuća. U praktičnom radu je prikazana procena stanja stanične zgrade koja se nalazi u kompleksu železničke Stanice Novi Sad. Sproveden je makroskopski pregled svih elemenata kako bi se utvrdila oštećenja kao i vrsta sanacionih radova. Proračunata je i energetska efikasnost i utvrđene su mere sanacije koje će unaprediti energetske efikasnosti objekta. Urađen je ponovni proračun energetske efikasnosti i upoređeni su dobijeni razredi pre i posle obnove objekta.

Ključne reči: Energetske efikasne kuće, Oštećenja, Sanacija, Energetska efikasnost,

Abstract – The paper consists of theoretical and practical part. The theoretical segment describes types of energy-efficient houses. The practical segment includes an evaluation of the condition of the station building situated within the Novi Sad railway station complex. A comprehensive macroscopic analysis of all elements was conducted to ascertain the extent of damage and determine the required rehabilitation work. Furthermore, the energy efficiency of the facility was calculated, and appropriate remedial measures were identified to enhance its energy efficiency. Subsequently, a recalculation of the energy efficiency was made, and a comparison was drawn between the grades obtained before and after the building's renovation.

Keywords: Energy-efficient house, Damages, Rehabilitation, Energy efficiency

1. ENERGETSKI EFIKASNE KUĆE

Energetske efikasne kuće su kuće koje troše minimalno energije za hlađenje, grejanje i pripremu toplote vode. Ekološka gradnja predstavlja korišćenje materijala i sistema izgradnje koji će sprečiti nepotrebno iscrpljivanje prirodnih resursa. Iskristivost energije na najbolji način i optimizacija potrošnje energije nije nova ideja, u staroj literaturi se spominje „Sokratova kuća“ koja predstavlja preteču energetske efikasne, osnovna ideja je ostala ista do danas uz razradu novih materijala i tehnologija.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Mirjana Malešev, red. prof.

1.1. Niskoenergetske kuće

Niskoenergetske kuće su one koje troše manje energije od običnih kuća. Tačna definicija kuće zavisi od države u kojoj se nalazi. U našoj zemlji se podrazumeva potrošnja energije manja od 30 kWh/m². Ovaj tip kuća još naziva i „trolitarske“ kuće, jer kada se napravi paralela jedan litar lož ulja je ekvivalent potrošnji od 10 kWh. Smanjenje toplotnih gubitaka niskoenergetske kuće ostvaruju se na sledeće načine: orijentacije kuće na jug, odvajanje toplotnih zona kuće, kompaktna gradnja kuće, vrlo dobra toplotna izolacija, prozori sa dobrim niskoenergetskim svojstvima, niskoenergetski sistem grejanja i provetravanje kontrolisanom ventilacijom.

Kako bi se povećali dobici energije preporučuje se pasivno i aktivno korišćenje sunčeve energije. Pasivno korišćenje podrazumeva primenu velikih staklenih ploča okrenutih na jug, što znači korišćenje sunčeve energije bez mehaničkih ili električnih uređaja, već samo orijentacijom na jug. Aktivno korišćenje sunčeve energije je pomoću toplotnih kolektora i fotonaponskih ploča, aktivni sistemi su dosta kompleksniji u funkcionisanju od pasivnih. Ukoliko uporedimo troškove gradnje niskoenergetske kuće, ulaganje je okvirno 20% veće u odnosu na klasičnu gradnju. Međutim svaki vid ulaganja u energetske efikasnosti je dugoročna investicija koja se višestruko isplati tokom vremena. Osim što ovaj tip kuće smanjuje toplotne gubitke ona je ekološki prihvatljivija.

1.2 Pasivna kuća

Pasivne kuće su građevinski standard u Evropi i svetu koji se dostiže samo kombinacijom tehnologije, dizajna i materijala. To su štedljive kuće čiji se princip funkcionisanja zasniva na tome da se one „pasivno“ održavaju toplim korišćenjem unutrašnjih izvora toplote i solarnih grejanja kroz prozore. One imaju veoma nisku potrebu za energijom za grejanje koja se ogleda u minimalnom dogrevanju svežim vazduhom. Maksimalna potrošnja energije za zagrevanje ne prelazi 15 kWh/m² ili 1 litru lož ulja po m² što je 80-90% manje od energije klasične kuće. Osnovni principi projektovanja, kojih se treba pridržavati tokom procesa projektovanja ovih objekata su: kompaktan oblik objekta, južna orijentacija, izbegavanje složenih oblika u konstrukciji i izbegavanje toplotnih mostova. Ovi objekti objekti omogućavaju visok komfor tokom leta i zime, karakteriše ih superzaptivenost i superizolacija. Primenjuje se „pravilo olovke“ – vazduhonepropusni sloj predstavlja nevidljivu opnu oko grejanog prostora (linija olovke mora biti neprekidna) ovo pravilo važi i za termički omotač bez termičkih mostova.

Trošenje vode je takođe svedeno na minimum, pa tako ove kuće imaju sisteme za skupljanje kišnice, koje se potom koriste za zalivanje dvorišta. Jedan od većih potrošača su električni uređaji koji se koriste u objektu, zato je veoma važna primena modernih uređaja kategorije A, A⁺, A⁺⁺ koji štede i na takav način dodatno smanjuju potrošnju. Smatra se da je investicija u pasivnu kuću skuplja oko 15% od investicije u konvencionalnu kuću, ali ako se uzmu u obzir troškovi režije već tokom 8 godina cene investicija se izjednačavaju.

1.3 Kuća nulte energije

Kuća nulte energije je objekat sa nultom neto energetsom potrošnjom i nultom neto emisijom ugljen dioksida godišnje. Primena obnovljivih izvora energije je periodična odnosno sezonska, pa tako ove kuće periodično dobijaju energiju iz energetske mreže, a periodično proizvode energiju koju šalje u energetska mrežu. Zbog proizvodnje energije uz pomoć obnovljivih izvora koji ne zagađuju prirodu kuća nulte energije ima veoma nisku emisiju CO₂ u atmosferu.

1.4. Autonomna kuća

Nezavisna kuća u osnovi je vrsta zgrade koja bi trebala normalno funkcionisati autonomno od infrastrukturne podrške. Ona nema priključke na električnu mrežu, kanalizaciju i vodovod. Takve kuće zahtevaju proizvodnju energije iz obnovljivih izvora i odgovarajuće sisteme za akumulaciju te energije u slučajevima kada sunce ne sija, vetar ne duva i slično. Autonomna kuća je mnogo više od energetske efikasne kuće jer svu energiju koju koristi potrebno je da dobije iz prirode.

1.5. Kuća sa viškom energije

Kuća sa viškom energije je kuća koja u proseku tokom cele godine proizvede više energije koristeći obnovljive izvore energije nego što uzme iz spoljnog sistema. Ovo se postiže upotrebom malih generatora električne energije, niskoenergetskih tehnika gradnje poput pasivnog solarnog dizajna kuće kao i pažljivog odabira lokaciji za kuću. Ovakva kuća može vlasniku čak i da zarađuje novac. Ideja koja se nalazi iza ovakvog koncepta je dodatni korak u razvoju energetske efikasne kuće, u svetu postoji svega nekoliko ovakvih kuća.

2. PROCENA STANJA OBJEKTA

Prilikom procene stanja konstrukcije obavljen je vizuelni pregled spoljašnjeg i unutrašnjeg dela objekta. Proverene su dimenzije dostupnih elemenata konstrukcije i njihova usklađenost sa projektom predviđenih dimenzija.

2.1. Opis konstrukcije

Objekat stanične zgrade se nalazi u kompleksu železničke stanice Novi Sad, osnova je razuđena i sastoji se od četiri celine – krila A, B, C i D. Predmet ovog rada je krilo D, spratnost P+1, u njemu su pretežno smeštene kancelarije, zbog toga spada u upravno – poslovni deo. Neto površina krila D je 1458,52 m². Noseća konstrukcija je armiranobetonska skeletna konstrukcija koja se sastoji od AB stubova i AB greda različitih dimenzija. Međuspratna konstrukcija i ploča ravnog krova su izvedene kao polumontažne sitnorebarste tavanice tipa „Kat“. Krilo D je temeljeno na kontragredama. AB potporni zid se nalazi

sa strane perona i prima opterećenje od tla i od međuspratnih konstrukcija, fundiran je na trakastom temelju. Donja podna ploča prizemlja je armiranobetonska ploča ispod koje se nalazi nearmirani beton i tlo. Svi fasadni i unutrašnji zidovi su od pune opeke.

2.2. Vizuelni pregled spoljašnjeg dela objekta

Vizuelnim pregledom obuhvaćene su severna i istočna fasada objekta. Južna fasada je nedostupna za pregled zbog trenutnih radova na rekonstrukciji železničke stanice. Pregledom severne fasade zgrade krila D konstatovano je da je u bliskoj prošlosti urađena nova završna obrada – bojenje fasade, tako da je registrovana samo lokalna površinska biološka korozija. Na južnoj fasadi, samo na vidljivom delu, registrovana su mehanička oštećenja betona i kamenih ploča uz ulaz u hodnik koji vodi ka teretnom pothodniku. Na istočnoj fasadi nisu registrovana oštećenja kamenih ploča, već samo njihova zaprljanost. Na ravnom krovu krila D zapaženo je zadržavanje vode, takođe su primećene fleke na pojedinim mestima kao i oštećenja hidroizolacije krova.

2.3. Vizuelni pregled unutrašnjeg dela objekta

Detaljnim pregledom primećena su i oštećenja unutar konstrukcije. Ploča hodnika u prizemlju, u delu koji vodi do pothodnika, je potpuno oštećena. U ostatku hodnika podna ploča je zaprljana sa mestimičnim flekama crne boje koje imaju estetske posledice. Potporni zid je izbetoniran sa dosta defekata u vidu nepravilnog horizontalnog i vertikalnog prekida betoniranja i neizbetoniranih zona u poprečnom preseku zida. Od oštećenja u potpornom zidu su registrovani: vidljiva vertikalna armatura, pukotine i mehanička oštećenja. Otpadanje maltera i fleke na plafonu usled procurivanja vode su takođe primećene tokom inspekcije prizemlja i prvog sprata. Ostala oštećenja su mehaničkog karaktera nastala usled različitih uticaja tokom eksploatacije objekta. Bravarija je dotrajala i negativno utiče na energetska efikasnost.

2.4. Zaključak

Na osnovu rezultata detaljnog vizuelnog pregleda zaključeno je da registrovana oštećenja i defekti ne utiču na stabilnost i nosivost noseće konstrukcije, dok su trajnost i upotrebljivost objekta smanjeni.

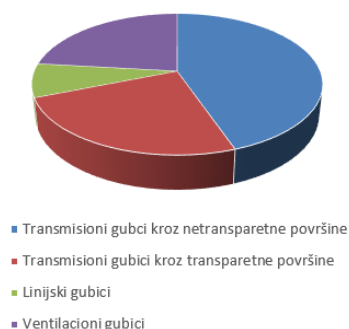
3. PRORAČUN ENERGETSKE EFIKASNOSTI

Elaborat energetske efikasnosti, odnosno proračun efikasnosti, je izrađen prema važećem Pravilniku o energetska efikasnosti zgrada, „Službeni glasnik RS“ br. 061/2011, objavljen 19.08.2011. godine. Pri proračunu energetske efikasnosti urađen je kompletan proračun toplotne provodljivosti građevinskih elemenata koji čine termički omotač zgrade. Definisano je 7 netransparentnih pozicija, od toga su dva tipa spoljašnji zidovi, unutrašnji zid, zid na dilataciji, međuspratna konstrukcija, ravan krov i pod na tlu. Transparentnih pozicija ima ukupno 9 i to 7 prozora i 2 vrata. U tabeli 1 date su vrednosti koeficijentata prolaska toplote U, po pozicijama i da li ispujavaju uslov o najvećem dozvoljenom koeficijentu U [1].

Tabela 1. Pregled koeficijenta „U“ elemenata termičkog omotača objekta

Element	Pozicija	U (W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K)	Uslov zadovoljen
Spoljašnji zidovi	SZ1	0,830	0,40	Ne
	SZ2	1,184	0,40	Ne
Unutrašnji zidovi ka negrejanom prostoru	UZ2	1,11	0,55	Ne
Zid na dilataciji	ZD	1,21	0,50	Ne
MK iznad negrejanog prostora	MK	0,821	0,40	Ne
Ravan krov iznad negrejanog prostora	RK	0,917	0,20	Ne
Pod na tlu	PT	0,240	0,40	Da
Prozori	PR1	3,200	1,5	Ne
	PR2	3,204	1,5	Ne
	PR3	3,241	1,5	Ne
	PR4	3,208	1,5	Ne
	PR5	3,265	1,5	Ne
	PR6	3,192	1,5	Ne
	PR7	3,29	1,5	Ne
Vrata	VR1	3,204	1,5	Ne
	VR2	3,205	1,5	Ne

Daljim proračunom su dobijeni ukupni toplotni gubici i dobici od sunčevog zračenja i unutrašnjih izvora. Ustanovljeno je da su kroz netransparentne i transparentne elemente (slika 1) gubici najveći. Zatim je izračunata ukupna potrebna energije za grejanje za sistem koji radi bez prekida, kao i po mesecima. Na osnovu ovog proračuna zgrada je svrstana u energetske razred F.



Slika 1 - Energetski gubici na postojećem objektu

4. MERE ZA UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKANOSTI I PRORAČUN ENERGETSKE EFIKANOSTI SANIRANOG STANJA OBJEKTA

4.1. Mere za unapređenje energetske efikasnosti objekta

Da bi se prilikom sanacije postojećeg objekta poboljšale energetske performanse i zadovoljili uslovi određeni važećim standardima iz domena energetske efikasnosti zgrada, predviđene su određene mere. Na fasadnim

zidovima prema južnoj i severnoj strani predlaže se poboljšanje u vidu postavljanja ploča od gas betona – Multipor ploča sa spoljne strane na postojeći sastav elementa, uz prethodno skidanje sloja postojećeg maltera. Unutrašnji zidovi prema negrejanom prostoru će se sanirati na način da se kao i kod fasadnih zidova dodaju Multipor ploče sa strane negrejanog prostora. Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora će takođe biti poboljšana lepljenjem sa donje strane Multipor ploča. Termoizolacija ravnog krova podrazumeva postavljanje sloja ekstrudiranog polistirena (stirodura) proračunate debljine (stirodur se postavlja preko bitumenske hidroizolacije – obrnuti krov). Novu fasadnu aluminariju čini aluminijumski ram sa poboljšanih termičkim prekidom, zastakljen niskoemisionim staklo – paketom 4+12+4 mm sa kriptonom.

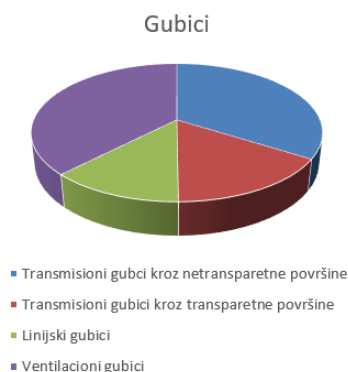
4.2. Ostale mere sanacije koje je potrebno izvršiti nakon mera za unapređenje energetske efikasnosti

Određene mere sanacije je neophodno izvršiti osim nabrojanih mera za unapređenje energetske efikasnosti. Za reprofilaciju južne i istočne fasade neophodno je angažovati konzervatorski nadzor radi odabira postupka čišćenja kamena. Podnu ploču hodnika u prizemlju je neophodno zameniti postavljenjem betonskih prefabrikovanih ploča za popločavanje – behaton ploča, uz prethodno uklanjanje postojeće betonske ploče. Veće vertikalno oštećenje na mestu dilatacije potpornog zida saniramo tako što se prostor popunjava sa 6 cm stirodura, a zatim malteriše sa 3 cm mikroamiranog maltera. Na potpornom zidu u prizemlju, na delovima gde je vidljiva armatura neophodno je izvršiti reprofilaciju. Prvo se uklanja oštećen deo betona, potom se pregleda stanje armature. Armatura koja je obuhvaćena procesom korozije se čisti i premazuje antikorozijskom zaštitom, nakon premazivanja, nanosi se zaštitni sloj od reparaturnog maltera. Lokalna oštećenja maltera na potpornom zidu u vidu rupa se neće pojedinačno sanirati reprofilacijom, zbog velikog obima radova, već je predviđeno postavljanje obloge od cementnih ploča – aquapanel ploča na aluminijumskoj podkonstrukciji. Pukotine i prsline u potpornom zidu je neophodno sanirati zasecanjem i zapunjavanjem reparaturnim malterom, ova tehnika se primenjuje jer nije u pitanju konstruktivna sanacija. Prvo se proširuje vidljivi deo prsline, formirajući oblik kanala, potom se vrši čišćenje kompromitovanim vazduhom, a potom se zapunjava reparaturnim malterom. Ostala lokalna oštećenja zidanih zidova i plafonskih delova se rešavaju molersko – farbarskim radovima.

Ponovo je sproveden proračun energetske efikasnosti prema važećem Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada („Službeni glasnik RS“ br. 061/2011), sa novo projektovanim sklopovima. Proračunom građevinske fizike saniranih elemenata određene su nove vrednosti koeficijenta prolaska toplote U po pozicijama koje su prikazane u tabeli 2. Proračunom gubitaka uvida se da su znatno smanjeni gubici kroz transparentne i netransparentne elemente (slika 2). Izračunata je ukupna potrebna energije za grejanje za sistem koji radi bez prekida, kao i po mesecima. Na osnovu ovog proračuna zgrada je svrstana u energetske razred D.

Tabela 2. Pregled koeficijenata „U“ kroz termički omotač saniranog objekta

Element	Pozicija	U (W/m ² K)	U _{max} (W/m ² K)	Uslov zadovoljen
Spoljašnji zidovi	SZ1	0,33	0,40	Da
	SZ2	1,184	0,40	Da
Unutrašnji zidovi ka negrejanom prostoru	UZ2	0,49	0,55	Da
Zid na dilataciji	ZD	1,21	0,50	Da
MK iznad negrejanog prostora	MK	0,33	0,40	Da
Ravan krov iznad negrejanog prostora	RK	0,191	0,20	Da
Pod na tlu	PT	0,240	0,40	Da
Prozori	PR1	1,29	1,5	Da
	PR2	1,24	1,5	Da
	PR3	1,24	1,5	Da
	PR4	1,233	1,5	Da
	PR5	1,24	1,5	Da
	PR6	1,30	1,5	Da
	PR7	1,28	1,5	Da
Vrata	VR1	1,29	1,5	Da
	VR2	1,28	1,5	Da

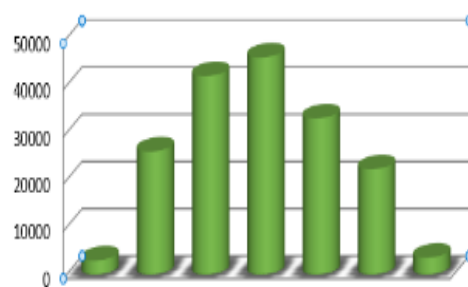


Slika 2 - Energetski gubici na saniranom objektu

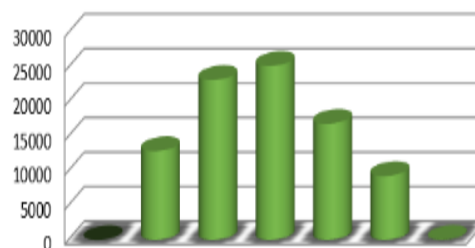
5. ZAKLJUČAK

Sanacija jednog objekta se smatra uspešnom ukoliko se energetski razred podigne za jedan nivo. Primenom navedenih mera sanacije predmetni objekat se poboljšao za dva razreda, tako da je sanacija uspešna. Vrednosti godišnje potrošnje finalne energije za grejanje su nakon sanacije znatno smanjene.

Na slikama 3 i 4 prikazane su potrebne količine energije za zagrevanje postojećeg i saniranog objekta po mesecima. U tabeli 3 prikazani su rezultati godišnje potrebne energije za grejanje pre i nakon sanacije objekta.



Slika 3. Potrebna energija za zagrevanje postojećeg i objekta



Slika 4. Potrebna energija za zagrevanje energetski saniranog objekta

Tabela 3. Pregled potrebne energije za grejanje objekta pre i posle sanacije

Sanacija	GP kWh/a	SGPE kWh/m ² a	RGPE %	Razred
pre	176138	160	246	F
posle	87396	79	122	D

6. LITERATURA

- [1] Inženjerska komora Srbije: Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada, "Sl.glasnik RS", br. 61/2011, Beograd
- [2] Malešev M., Radonjanin V.: Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [3] Radonjanin V., Malešev M.: Sanacija betonskih konstrukcija, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [4] <https://gradnjakuće.com/energetski-ucinkovite-kuće/vrste-energetski-ucinkovitih-kuća/> (pristupljeno u junu 2023.)

Kratka biografija:



Sonja Miletić rođena je u Vrbasu 1998. godine. Osnovne akademske studije završila je na Fakultetu tehničkih nauka 2021. godine. Iz oblasti Građevinarstvo – Konstrukivni smer. Master akademske studije upisala je iste godine – smer Konsutkije. Master rad iz oblasti Procena stanja i sanacija betonskih konstrukcija je odbranila u 2023. godini. kontakt: sonja.miletic111@gmail.com

PRIMENA BIM TEHNOLOGIJA U PROCESU PLANIRANJA I PROJEKTOVANJA OBJEKATA**THE IMPLEMENTATION OF BIM TECHNOLOGY IN THE PROCESS OF PLANNING AND DESIGNING BUILDINGS**

Borijana Petrović; *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINSKO INŽENJERSTVO

Kratak sadržaj– *BIM (eng. Building Information Modelling) je izgradnja digitalnog integrisanog modela (informacija) postojeće ili buduće izgrađene okoline.*

Ključne reči: *BIM, BIM softver, BIM projekti, BIM pristup, informacioni model, građevinska industrija, planiranje, projektovanje.*

Abstract – *BIM (Building Information Modelling) is the construction of a digital integrated model (information) of an existing or future built environment.*

Keywords: *BIM, BIM software, BIM projects, BIM approach, information model, construction industry, planning, design.*

1. UVOD

Pod uticajem ubrzanih promena u ekonomiji, politici i društvu, kao i potrebe za unapređenjem energetske efikasnosti, proces projektovanja i realizacije građevinskih projekata postaje sve složeniji.

BIM predstavlja centralizovano skladište znanja koje je dostupno svim učesnicima na projektu, kao što su arhitekte, inženjeri građevinarstva, geodezije, mašinstva i elektrotehnike. Svi relevantni podaci o projektu su obuhvaćeni kroz parametarski model, pružajući sveobuhvatnu sliku tokom celog životnog ciklusa projekta.

1.1. Istorijski razvoj BIM pristupa

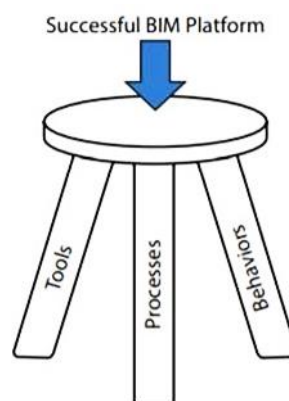
Iako je BIM kao proces u građevinarstvu relativno nova pojava, ideja koja stoji iza njega datira još iz prošlosti.

Stvarni početak BIM-a vezuje se za razvoj softverskog programa ArchiCAD, koji se desio 1987. godine u Mađarskoj. Tokom 2000. godine, nastao je softver po imenu Revit, koji je doneo revoluciju u BIM tehnologiju. Revit je bio pionir u upotrebi parametarskog sistema promena, koji je omogućio fleksibilnost i dodavanje vremenskih atributa na objekte. Ova inovacija je znatno unapredila mogućnosti projektovanja i upravljanja građevinskim projektima.

1.2. BIM – Building Information Modeling

BIM (eng. Building Information Modeling) je izgradnja digitalnog integrisanog modela (informacija) postojeće ili buduće izgrađene okoline. Skraćenica BIM se odnosi na upravljanje informacijama građevinskih objekata (eng. Building Information Management) koje je povezano sa modelovanjem informacija (eng. Building Information Modeling), odnosno informacijskim modelom objekta (eng. Building Information Model).

Za uspešan BIM projekat potrebno je sjediniti sledeće tri stvari (metaforično prikazane na slici 1., pomoću stolice): proces, tehnologija, ponašanje.



Slika 1. BIM trokraka stolica [1]

BIM projekat je standardni građevinski projekat na kojem je primenjen BIM pristup, odnosno to je projekat koji posebnu važnost daje razmeni i iskorišćavanju tačnih i pravovremenih informacija u svim fazama projekta i među svim projektnim saradnicima. BIM modeli izgrađeni su od skupa BIM elemenata. BIM elementi su 2D i 3D geometrijska reprezentacija fizičkih elemenata.

1.3. IFC – interoperabilni i nezavisni format za razmenu podataka

IFC danas ima primarnu ulogu u razmeni informacija između različitih strana u specifičnim poslovnim transakcijama. IFC pruža standardizovani digitalni opis izgrađenog okruženja, obuhvatajući zgrade i građevinsku infrastrukturu. Ovaj sveobuhvatni pristup omogućava korisnicima da imaju holistički uvid u svoje projekte i da efikasnije upravljaju svim relevantnim informacijama.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Igor Peško.

2. PRAKTIČNA PRIMENA BIM PRISTUPA

2.1. Praktična primena BIMa u procesu planiranja

U procesu planiranja BIM se može upotrebiti za:

- Prostornu analizu potencijalnih lokacija objekta
- Analizu prostorne interpolacije objekta
- Snimanje postojećeg stanja

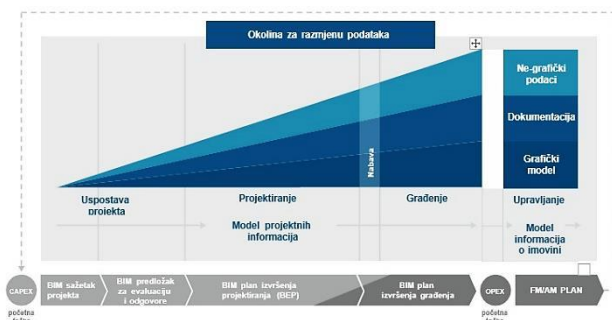
2.2. Praktična primena BIMa u procesu projektovanja

U procesu projektovanja BIM igra važnu ulogu prilikom:

- Analize predloženih projektnih rešenja
- Projektovanja i dizajna
- Inženjerske analize
- Višedimenzionalne 3D koordinacije
- Procene usklađenosti s propisima
- Procene održive gradnje
- Pregleda i ocenjivanja uspešnosti projektnog rešenja
- Količine i procene troškova

3. ORGANIZACIJA I UPRAVLJANJE BIM PROJEKTIMA

3.1. Tok isporuke BIM informacija



Slika 2. Proces predaje između CAPEX i OPEX faza [2]

Slika 2. prikazuje tok isporuke informacija sa dve različite početne tačke:

CAPEX početna tačka - odnosi se na samostalne projekte gde je glavni fokus na efikasnosti isporuke kapitala, a ne na trenutnim operativnim zahtevima. U ovoj fazi, proces počinje razvojem sažetka projektnog BIM-a (Employer's Information Requirements).

OPEX početna tačka - odnosi se na projekte koji su deo većeg imovinskog skupa ili uključuju postojeću imovinu. U ovoj fazi, proces počinje sa izradom plana upravljanja imovinom (Master Information Delivery Plan) i koristi informacije iz već postojećeg imovinskog modela.

Prikazani grafik ilustruje opši tok aktivnosti za identifikaciju projektnih potreba, definisanje BIM zahteva, formiranje tima, primenu BIM zahteva u procesu projektovanja i izgradnje, kao i stvaranje modela projektnih i imovinskih informacija koje su od suštinskog značaja za projekat.

Da bismo omogućili lakše razumevanje, definišemo „Model projektnih informacija“ (Project Information Model) kao centralno skladište svih neophodnih podataka koji su vezani za projektovanje i izgradnju samog objekta. Ovi podaci obuhvataju grafičke modele, dokumentaciju (npr. crteže, rasporede i slično) i ostale relevantne informacije.

Model informacija o imovini (Asset Information Model) definišemo kao centralno mesto za sve relevantne informacije koje su potrebne za upravljanje građevinskim objektom. Ove informacije uključuju grafičke modele, dokumentaciju (kao što su crteži, depoziti, uputstva za proizvode i slično) i ostale relevantne podatke.

COBie metoda detaljno objašnjava kako su informacije koje su od suštinskog značaja za upravljanje građevinskim objektima prikupljene i adekvatno pohranjene unutar BIM procesa, omogućavajući njihovo kasnije korišćenje od strane menadžera objekta.

3.2. Učesnici BIM projekta i njihove odgovornosti



Slika 3. Hijerarhijska struktura BIM uloga/dužnosti [2]

Uloga BIM menadžera je da odredi pravila kojih se treba pridržavati tokom trajanja projekta, od planiranja do građenja, odnosno predaje objekta. Menadžer je taj koji vodi računa da informacije koje se razmenjuju između članova projekta budu skladu sa ugovorom koji je postignut sa investitorom.

BIM koordinator je spona između BIM menadžera i ostalih članova projekta. BIM koordinator je stručnjak za upravljanje informacijama kao i modeliranje uz pomoć adekvatnih programa kojim se koriste članovi projekta kojima upravlja. Do koordinatora dolaze informacije u vidu krajnjih modela iz odgovarajućih programskih paketa, a on ih dalje dostavlja u formatu koji je dogovoren u BIM protokolu projekata.

BIM inženjer učestvuje u projektu tako što prilaže svoj deo BIM projekta rešenog u BIM softveru. Radom na softveru dobija model i tehničku dokumentaciju.

BIM tehničar modelira pojedine tehničke i/ili funkcionalne sklopove u BIM softverima, pri čemu mora imati znanje iz tih oblasti strukovnog područja.

BIM konsultant vodi i konsultuje članove građevinskih projekata koji će usvojiti ili su u fazi usvajanja BIM pristupa na projektu i u svom timu nemaju iskusne BIM stručnjake.

4. NIVO RAZVIJENOSTI BIM ELEMENATA

Nivo razvijenosti elemenata BIM modela (eng. Level of Development – LOD), opisuje prikaz objekta u određenoj fazi ili stanju. Ovaj termin usvojio je i usavršio Američki institut arhitekata kao Level of Development u njihovoj specifikaciji AIAE202-2008 BIM Protocol Exhibit. AIA je uspostavio definiciju LOD-a koja koristi petostepeni sistem od LOD 100 do LOD 500, koji je povezan sa pet ključnih faza projekta:

- Konceptualno projektovanje,
- razvoj projekta,
- dokumentacija za izgradnju,
- izrada radioničkih crteža i
- konačno stanje.

Ovaj sistem pruža opširan opis kako geometrijskih aspekata tako i informacija o objektu, uključujući i njegovu potencijalnu namenu.

LoD	LoD 100	LoD 200	LoD 300	LoD 400	LoD 500
Equivalent Phase	Conceptual Design	Design Development	Construction Documentation	Shop Drawing (fabrication)	As-Built
Graphical Representation					

Slika 4. Prikaz američke konvencije LoD-a sa približnom grafičkom reprezentacijom [3]

4.1. Nivo informacija – Level of Information

U 2013. godini, Ujedinjeno Kraljevstvo je predstavilo novu konvenciju nivoa razvijenosti (LOD) kao deo svoje nacionalne BIM specifikacije - PAS 1192-2. Ova specifikacija je usvojila opšti termin "Nivo definicije" (eng. Level of Definition), koji obuhvata i "Nivo detalja" (eng. Level of Detail) kao meru geometrijske zrelosti, i "Nivo informacija" (eng. Level of Information - LoI) koji predstavlja sadržaj podataka. Britanska specifikacija koristi oznake od 0 do 7 koje se poklapaju sa fazama njihovog građevinskog industrijskog saveta (CIC).

4.2. Različiti aspekti LOD-a

Iako postoje različiti nacionalni standardi i konvencije, teško je postići međunarodni konsenzus. Nedavne inicijative ISO i CEN su uspostavile novu konvenciju, Nivo Potrebe za informacijama (eng. *Level of Information Need*) ili LOIN, koja delimično zamenjuje LoD u definisanju i geometrije i sadržaja informacija. Budući da je konvencija LOIN vrlo nova, još uvek nije dobila široku međunarodnu primenu. U praksi, LoD se i dalje koristi u okviru timova projekta kako bi se definisali stvarni nivoi zrelosti.

5. PROCESI RAZMENE INFORMACIJA

Da bi se osigurala efikasnost BIM procesa, neophodno je da projektni BIM menadžer jasno definiše i opiše proces razmene informacija. Efikasnost BIM procesa zavisi od saradnje između različitih učesnika na projektu. Što se više informacija razmenjuje, to je BIM proces efikasniji. U vezi sa ključnim razmenama tokom različitih faza projekta, preporučuje se izrada plana za razmenu informacija koji precizira format datoteke, sadržaj modela i nivo razvijenosti.

5.1. Format datoteke

Kada je reč o formatu datoteke, preporučuje se jednostavno pravilo: „Smanjenjem broja uvoza i izvoza, smanjuje se i broj grešaka i nepotrebnog ponavljanja posla, istovremeno poboljšavajući kvalitet ugrađenih informacija.“

5.2. Sadržaj modela i nivoi razvijenosti

BIM menadžer u dogovoru s ostalim učesnicima na projektu treba jasno odrediti faze BIM procesa i koje komponente i koji nivo razvijenosti (LOD) se očekuju u svakoj fazi.

5.3. Ažuriranje modela i dokumenata

Preporučuje se da osoba odgovorna za određenu stručnost u vezi modela (BIM koordinator ili BIM inženjer) ažurira i prateći dokument koji identifikuje i opisuje stručni model koji se razmenjuje sa drugim učesnicima.

5.4. Ključne razmene modela i dokumenata

Ovi dokumenti se koriste kako bi se proverila doslednost u ispunjavanju obaveza i poštovanju rokova od strane učesnika u projektu, ali i kao polazne tačke za dalje projektovanje, razvoj projektnog rešenja ili kao deo zvanične projektno-tehničke dokumentacije.

5.5. Radni modeli i dokumenti

Pored zvaničnih ključnih razmena modela i dokumenata, moguće je razmenjivati i radne dokumente. Svrha ovih razmena je unapred pružanje informacija radi poboljšanja saradnje između dve zainteresovane strane u projektu.

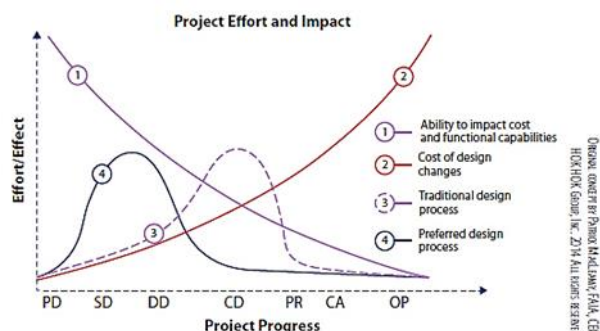
5.6. Predaja modela i dokumenata

Predaja, odnosno prihvatanje predatih dokumenata može se kontrolisati korišćenjem definisane proverne liste koja definiše sve što treba da se ispuni kako bi isporuka bila prihvaćena.

6. CAD vs. BIM

Tehnološki prelazak sa CAD-a na BIM dao je dizajnerskoj zajednici mogućnost da ne samo vizuelno sagleda izgled elemenata u projektu, već da razume njihovu suštinu. BIM je otvorio mogućnost dodeljivanja atributa svakoj stvorenoj komponenti unutar modela. Bez obzira da li se radi o dimenziji, materijalu ili nemerljivom komadu informacija o performansama komponente, BIM omogućava skladištenje sveobuhvatnih podataka o svakom elementu. Ovaj napredak stvorio je jednu od najvećih koristi u pogledu smanjenja troškova koje su dizajnerska i građevinska zajednica ikada doživele. Izvan grafike, BIM je pružio mogućnost arhitektama da efikasno upravljaju informacijama.

6.1. Obim projektantskih usluga



Slika 5. MacLeamy kriva [1]

Slika 5. ilustruje opšti odnos između dizajnerskog napora i vremena i kako je napor tradicionalno raspodeljen (linija 3). Proces dobro funkcioniše sve dok se ne izvrši neizbežna promena dizajna, u tom trenutku su potrebna ažuriranja koja zahtevaju dosta vremena tokom crtanja, a takođe se često javljaju određene greške. Linija 4 predstavlja dizajniranje pomoću BIM-a, te vidimo da se njegovom upotrebom u procesu rada većina napora premešta nazad u početnu fazu, kada je mogućnost uticaja na preformanse projekta velika, a troškovi unošenja promena niski. Ovo omogućava da inženjeri više vremena provedu kako bi optimizirali dizajn, a manje vremena da troše na dokumentaciju.

6.2. CAD + specs = BIM

Ako uzmemo trodimenzionalnu CAD tehnologiju i spojimo je sa informacijama iz projektnog priručnika, imamo mogućnost da dodelimo i ograničimo veze koje stvaramo. Ugradnja ovog tipa informacija u model omogućava nam da „digitalno prototipiramo” projekat mnogo pre nego što započne izgradnja, analiziramo ga u pogledu njegovih prednosti i grešaka, i ispravimo ili poboljšamo dizajnerske elemente.

7. BIM SOFTVER

Industrija BIM softvera nastavlja razvijati alate za modeliranje. Ovi alati omogućavaju izvođačima da pronađu i usklade građevinske radove, kao i da identifikuju nedostatke u razmeni informacija između platformi modela i drugih sistema kao što su procena troškova, planiranje itd.

7.1. Kontrola i koordinacija BIM modela

Pojam koordinacije modela često se odnosi na korišćenje modela za koordinaciju ili simulaciju nekog dela izgradnje. Bilo da se radi o koordinaciji sistema, planiranju, validaciji količine radova, preklapanju modela ili nekim drugim svrhama, koordinacija u ovom kontekstu znači korišćenje BIM podataka kako bi se bolje informisali fizički radovi koji slede.

7.2. Detekcija sudara – Clash Detection

Analiza sukoba omogućava koordinaciju projektnih dokumenata svih disciplina uključenih u projekt, kao i otkrivanje mogućih grešaka pre početka izgradnje. Pored toga, analiza sukoba pomaže u smanjenju grešaka koje mogu nastati usled ljudske ili softverske greške tokom projektovanja, pružajući uvid u konačan izgled i poziciju svakog elementa građevine.

7.3. Softversko rešenje

Analiza i rešavanje sukoba u projektu omogućava proveru odnosa elemenata i sistema svih disciplina na projektu, uključujući arhitekturu, konstrukciju, mašinske sisteme, električne sisteme, vodovod, kanalizaciju i druge sisteme. Na osnovu analize sukoba generišu se izveštaji o konfliktima koji zahtevaju rešavanje. Ovi izveštaji omogućavaju projektantskim timovima da prilagode ili izmene projekat kako bi se postigla međusobna usklađenost i koordinacija. Preporučuje se primena koordinacije kao deo BIM procesa već u ranim fazama projektovanja. Primena odgovarajućih softverskih rešenja omogućava analizu sukoba na svim nivoima razvijenosti elemenata i projekta, bez obzira na broj građevinskih sistema ili elemenata.

8. ALLPLAN KAO BIM SOFTVERSKO REŠENJE

8.1. Uopšteno

Kao deo Nemetschek Grupe, Allplan je interdisciplinarno BIM softversko rešenje za arhitekturu, inženjerstvo i građevinarstvo koje podržava i integriše proces dizajna i izgradnje tokom svih faza projekta. Od arhitekture i enterijera do konstrukcijskog i instalacionog inženjerstva, građevinskog i mostovskog inženjerstva, armiranog betona i prefabrikacije do planiranja gradilišta.

8.2. Allplan za arhitekte

Allplan za arhitekte uz lakoću modelovanja, ističe se po vrhunskim 3D vizuelnim mogućnostima, jednostavnosti dodeljivanja atributa, ali i besprekornim izveštajima. Projektovanje u Allplanu omogućava virtuelnu izgradnju pre stvarne izgradnje. Na taj način osigurano je rano uklanjanje eventualnih grešaka i konflikata tokom faze projektovanja, izbegavajući kašnjenja tokom izgradnje.

8.3. Allplan za inženjere građevinarstva

Allplan koristi BIM metodologiju, što znači da modeliranje nije samo vizuelna reprezentacija građevine, već i skladište podataka o svim aspektima projekta. To omogućava da se model koristi za različite svrhe, kao što su generisanje tehničke dokumentacije, izračunavanje količina materijala, simulacije performansi, analiza strukture i mnoge druge.

8.4. Renderiranje

Allplan nam pruža moćne alate za vizualizaciju i prezentaciju našeg projekta. Uz Allplan, imamo sposobnost da izvezemo naše modele u jednostavno dostupan 3D PDF format, što omogućava našim klijentima da lako razumeju celokupnu zgradu.

9. ZAKLJUČAK

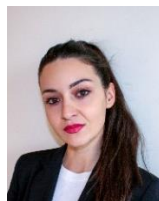
U građevinarstvu se sve više ističe važnost održivog planiranja i projektovanja objekata. Metoda poznata kao BIM (Building Information Modeling) omogućava ostvarenje održivosti u ovim procesima kroz sakupljanje relevantnih informacija i njihovo strukturiranje u jedan koordinirani model.

Ako se efikasno primeni, BIM pruža mogućnost značajnog unapređenja tradicionalnih metoda planiranja i projektovanja, smanjujući rizik od skupih izmena na projektu. Investitoru se otvaraju brojne mogućnosti kontrole i učešća u samom projektu. Takođe, BIM omogućava ponovnu upotrebu podataka u različite svrhe, uključujući građenje i održavanje objekta. Time se BIM definiše kao nov, modern i proaktivan pristup upravljanju objektima u građevinarstvu.

10. LITERATURA

- [1] Brad Hardin Dave McCool - BIM and Construction Management Proven Tools, Methods and Workflows
- [2] Hrvatska komora inženjera građevinarstva - Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu
- [3] Mark Baldwin -The BIM Manager. A Practical Guide for BIM Project Management.

Kratka biografija:



Borijana Petrović rođena je u Loznici 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Primena BIM tehnologija u procesu planiranja i projektovanja objekata odbranila je 2023. god.

Kontakt: iborijana@gmail.com

IDEJNO RJEŠENJE ODVOĐENJA ATMOSFERSKIH VODA U NASELJU GACKO U REPUBLICI SRPSKOJ**CONCEPTUAL SOLUTION FOR DRAINING ATMOSPHERIC WATERS IN THE SETTLEMENT OF GACKO IN REPUBLIC OF SRPSKA**Veljko Bratić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – Predmet ovog master rada je izrada idejnog rješenja odvođenja atmosferskih voda primjenom programskog paketa EPA SWMM. Nakon izvršene analize terena, uz poštovanje urbanističkih planova, trasirana je kanalska mreža. Na osnovu klimatskih podataka je izvršen hidraulički proračun dobijenog modela pri padavinama dvogodišnjeg povratnog perioda u trajanju od 20 minuta, za različite koeficijente oticaja propusnih površina, i analiza rezultata. Potom se ista kanalska mrežila opteretila kišom petogodišnjeg povratnog perioda. Hidraulički proračuni su vršeni metodama proračuna dinamičkog talasa i kinematičkog talasa. Na kraju je dat uporedni prikaz rezultata hidrauličke analize sistema pri padavinama istog trajanja, a različitog povratnog perioda.

Ključne reči: Atmosferske vode, Kanalizaciona mreža, Hidraulički proračun, Analiza, EPA SWMM,

Abstract –The subject of this Master's Thesis is the development of a conceptual solution for draining atmospheric water using EPA SWMM software package. After terrain analysis, in compliance with the urban plans, the canal network was laid out. Based on climatic data, the hydraulic calculation of the obtained model was performed for rainfall whose recurrence period is two years and duration 20 minutes, for different runoff coefficients of pervious surfaces, and the results were analyzed. Then, the same model was performed for rainfall whose recurrence period is five years. Hydraulic calculations were performed using dynamic wave and kinematic wave calculation methods. At the end, a comparative presentation of the results of the hydraulic analysis of the model for rainfalls of the same duration, but different recurrence period.

Keywords: Atmospheric waters, Drainage system, Hydraulic calculation, Analysis, EPA SWMM.

1. UVOD

Novoprojektovanu kanalizacionu mrežu je potrebno voditi duž ulica, tako da što više prati prirodan nagib terena. Kako područje naselja Gacko karakteriše brdsko-planinski teren, te je velika razlika u nadmorskim visinama, česta je upotreba kaskada.

Atmosferska voda se upušta u recepijente direktno, bez prijetodnog prečišćavanja i to na više lokacija.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Matija Stipić, redovni profesor.

Proračun atmosferske kanalizacije se izvodi savremenom metodom urbanog modeliranja i to upotrebom programskog paketa EPA SWMM (Storm Water Management Model). EPA Storm Water Management Model (SWMM) je dinamički simulacioni model padavina - oticaja koji se koristi za pojedinačne događaje ili dugoročnu (kontinuiranu) simulaciju količine i kvaliteta oticaja iz, prije svega, urbanih područja [1].

Komponenta oticaja SWMM-a bazira se na kolekciji podslivova područja koja primaju padavine i stvaraju oticanje i zagađena opterećenja [1].

Dio za usmjeravanje prenosi ovo oticanje kroz sistem cijevi, kanala, uređaja za skladištenje/tretman, pumpa i regulatora [1]. SWMM prati količinu i kvalitet oticanja, generisanog u svakom od podslivova, i protok, dubinu protoka i kvalitet vode u svakoj cijevi i kanalu tokom perioda simulacije koji se sastoji od više vremenskih koraka [1].

1.1. Projektovanje sistema

Glavno slivno područje je podjeljeno na kolekciju 53 podsliva prema linijama razdvajanja površinskog toka. Osnovni parametri slivnog područja naselja Gacko su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Osnovni parametri slivnog područja

Ukupna površina slivnog područja [ha]	151,75
Zastupljenost nepropusnih površina [%]	48
Prosječan nagib sliva [%]	14
Maningov koef. za propusni dio sliva (varijanta I)	0,25
Maningov koef. za propusni dio sliva (varijanta II)	0,1
Maningov koef. za nepropusni dio sliva	0,01

Uslove primjene otvorenih kanala ispunjava novoprojektovani glavni kolektor, uz obodni dio naselja. Trapeznog je popriječnog presjeka, dužine 2116.7m, sa nagibima kosina 1:1.5 i širine dna 2m. Najmanja dubina kanala je na samom početku i iznosi 0.60 m, dok se najveća dubina od 4 m javlja na 731 metru.

Otvorenom tipu kanala pripada i projektovani glavni odvodnik koji sakuplja vodu sa istočnog dijela naselja i odvodi je u rijeku Mušnicu.

Otvoreni kanal je pravilnog popriječnog presjeka, trapeznog oblika, nagiba kosina 1:1.5, širine dna kanala 2m i dužine 683 m.

Mreža zatvorenih kolektora se sastoji od kružnih cijevi čiji se prečnici kreću od 300 mm do 1000 mm. Minimalna dubina polaganja cijevi zavisi od upotrebljenog prečnika i ona se kreće od 1.6 m, dok je maksimalna dubina ograničena na 6 m.

Hidrauličkom analizom je utvrđeno da je potrebno zacijeviti otvoreni dio potoka Slavljan u dužini od 200.50m. Usvojen je pravougaoni betonski popriječni presjek dimenzija 0.5x1.0m.

Pored Potoka Slavljan, bilo je potrebno zacijeviti i potok Dronjo kao i ostale otvorene odvodnike.

Za popriječni presjek ovih odvodnika je usvojen cjevasti popriječni presjek odgovarajućih dimenzija.

2. REZULTATI SIMULACIJE I UPOREDNA ANALIZA

Mjerodavne su padavine dvogodišnjeg povratnog perioda, trajanja 20 minuta, dok se provjera vršila za sistem opterećenjem kišom petogodišnjeg povratnog perioda, istog trajanja.

Takođe, uzimao se u obzir i proces ubrzane urbanizacije, te se mijenjao i Manningov koeficijent oticaja sa propusnih

površina koji u jednoj varijanti iznosi $n=0,25$, dok je u drugoj njegova vrijednost $n=0,1$.

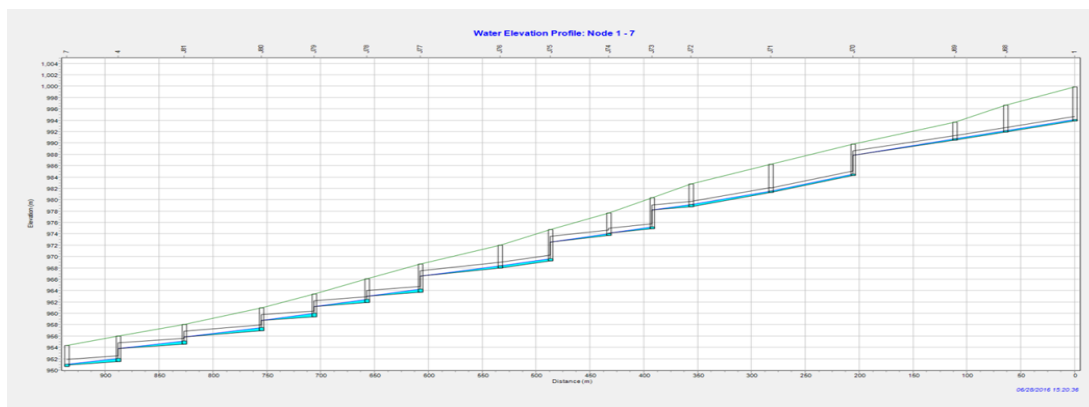
Tabela 1. Visine padavina za kišu dvogodišnjeg petogodišnjeg povratnog perioda i trajanja 20 minuta

Vrijeme [h:min]	Visina padavina za dvogodišnju kišu [mm]	Visina padavina za petogodišnju kišu [mm]
15:00	0	0
15:05	8.55	15
15:10	16.5	25.8
15:15	21.6	33.75
15:20	23.4	38.4

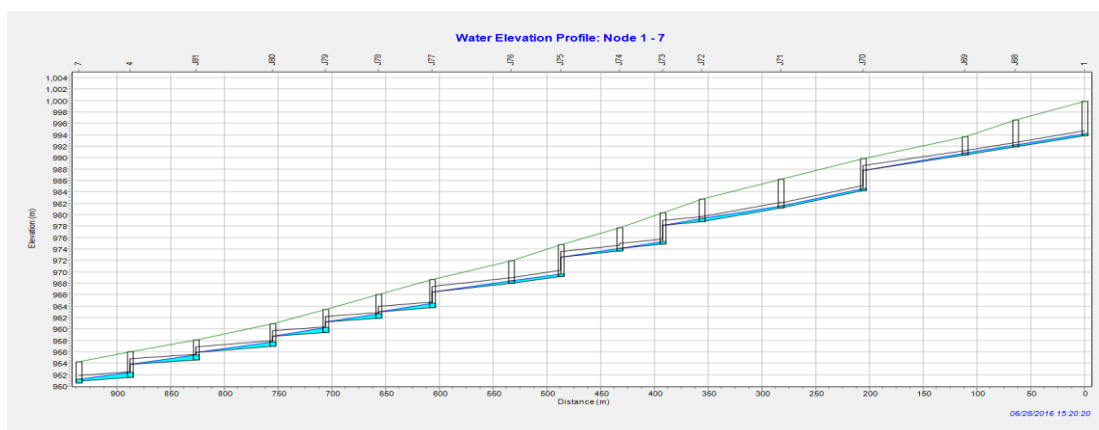
Na slikama od 1. do 4. prikazani su nivoi vode u času najvećeg opterećenja u najdužoj dionici.

Ako pogledamo rezultate za dvogodišnju kišu, $n=0.1$, ispunjenost je veća za oko 5% u odnosu na $n=0,25$, a ipak manja za oko 25% za istu varijantu pri petogodišnjoj kiši.

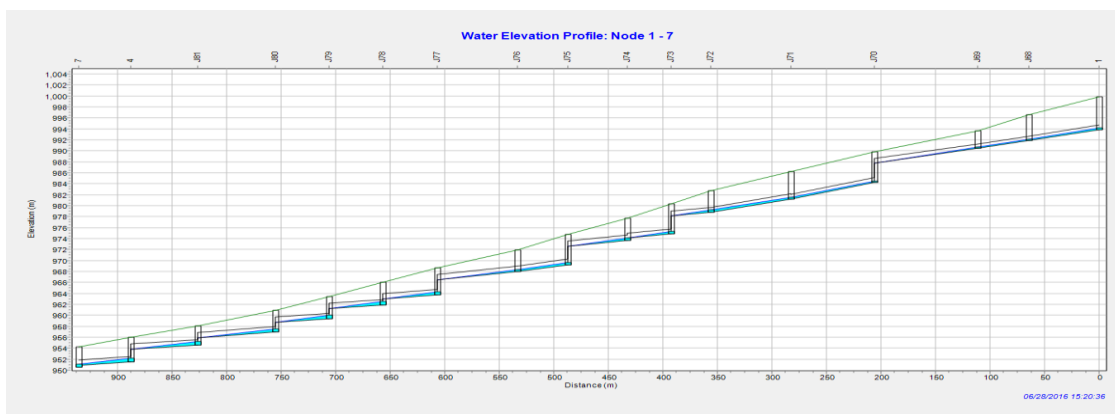
Dolazi do kratkotrajnog tečenja pod pritiskom u pojedinim dionicama pri opterećenju petogodišnjom kišom.



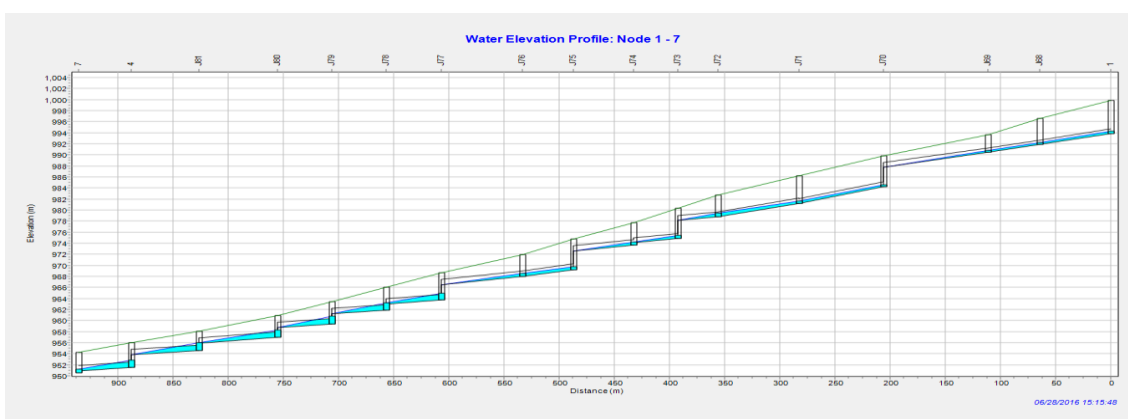
Slika 1. Prikaz nivoa vode u zatvorenom kolektoru sa izlivom u čvoru 7, za dvogodišnju kišu i $n=0,25$



Slika 2. Prikaz nivoa vode u zatvorenom kolektoru sa izlivom u čvoru 7, za petogodišnju kišu i $n=0,25$



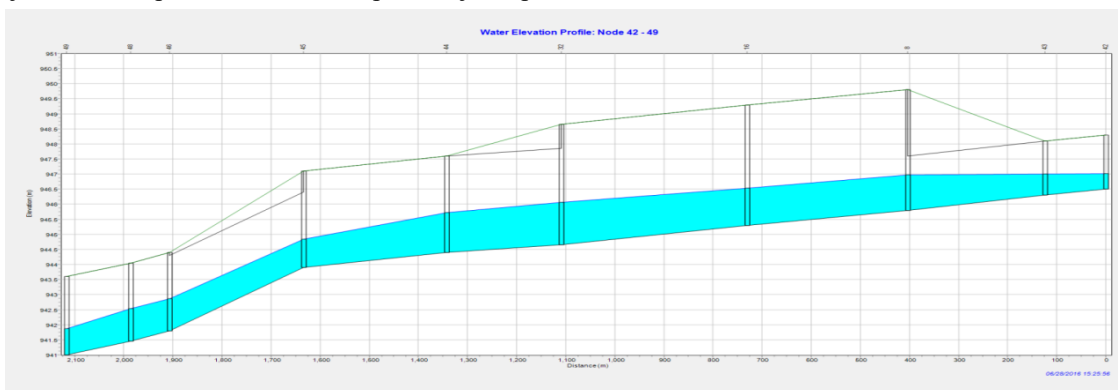
Slika 3. Prikaz nivoa vode u zatvorenom kolektoru sa izlivom u čvoru 7, za dvogodišnju kišu i $n=0,1$



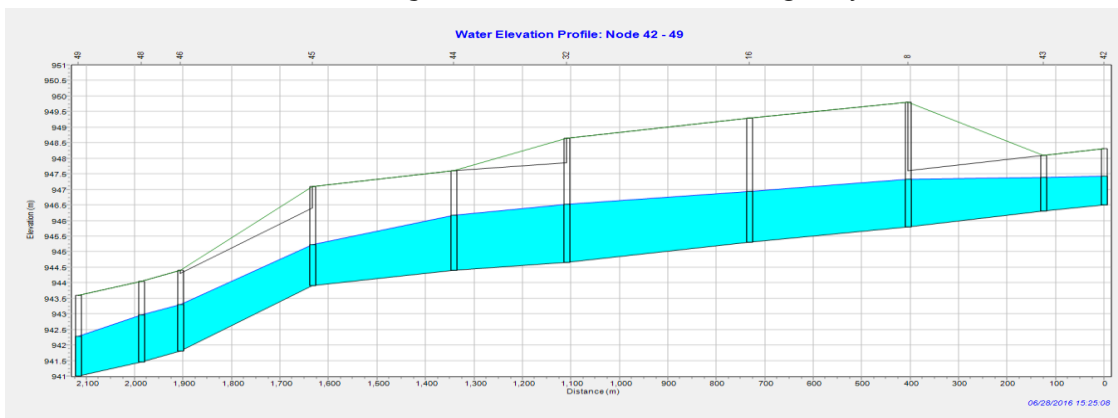
Slika 4. Prikaz nivoa vode u zatvorenom kolektoru sa izlivom u čvoru 7, za petogodišnju kišu i $n=0,1$

Na slikama od 5. do 8. prikazani su nivoi vode u glavnom prijemniku, otvorenom obodnom kanalu. Primjetno je kako se ispunjenost kanala povećava sa većim opterećenjem i pri

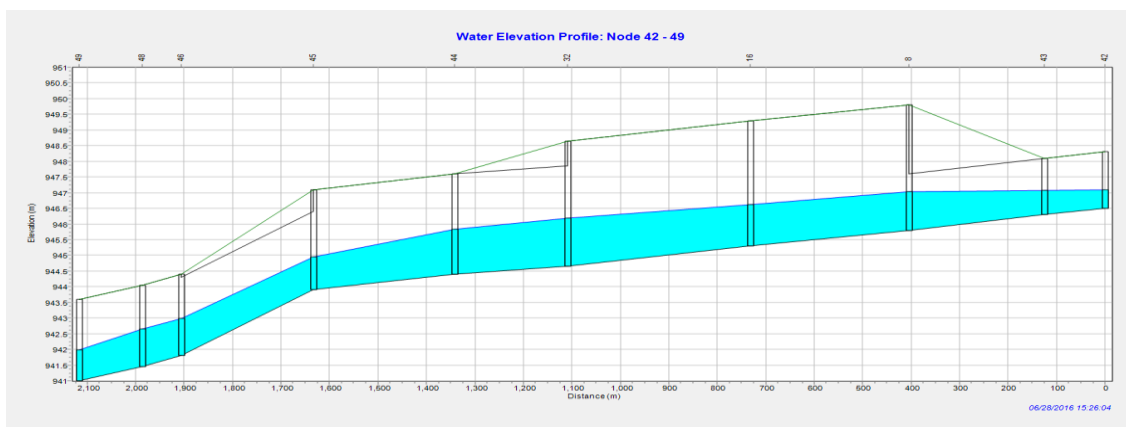
promjeni Manningovog koeficijenta. međutim ni u jednom slučaju ne dolazi do preopterećenja kanala i izlivanja.



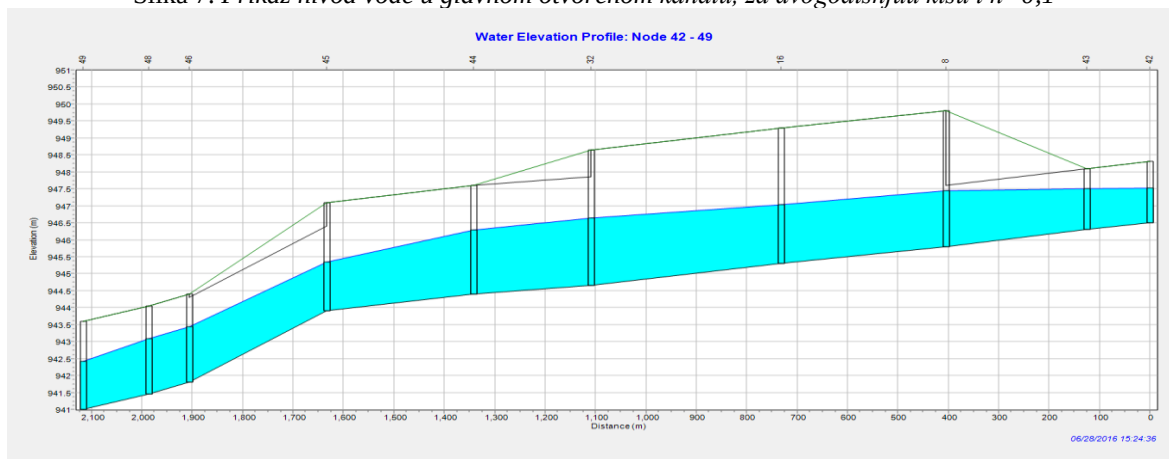
Slika 5. Prikaz nivoa vode u glavnom otvorenom kanalu, za dvogodišnju kišu i $n=0,25$



Slika 6. Prikaz nivoa vode u glavnom otvorenom kanalu, za petogodišnju kišu i $n=0,25$



Slika 7. Prikaz nivoa vode u glavnom otvorenom kanalu, za dvogodišnjuu kišu i $n=0,1$



Slika 8. Prikaz nivoa vode u glavnom otvorenom kanalu, za petogodišnjuu kišu i $n=0,1$

3. ZAKLJUČAK

Isprojektovana je atmosferska kanalizacija sa opterećenjem 20-minutne kiše povratnog perioda 2 godine, za $n=0,25$. Ista mreža je opterećena i petogodišnjom kišom kako bi se sagledala stabilnost sistema i ispunjenost uslova projektovanja atmosferske kanalizacije. Kako bi se prikazao trend intenzivne urbanizacije malih sredina, promjenjen je $n=0,25$ na vrijednost 0,1 i izvršila se analiza dobijenih rezultata. Na kraju je odrađena uporedna analiza sistema za odrađene varijante, uzevši u obzir metode dinamičkog i kinematičkog talasa.

Mreža se pretežno sastoji od zatvorenih kružnih kolektora izrađenih od poliestera SN 10000. Minimalni korišćeni prečnik je 300, dok je maksimalni 1000 mm. Zatvoreni kolektor, kanal Slavljan, je pravougaonog popriječnog presjeka, izrađen od armiranog betona u dužini od 200.46m, a dimenzije ovog kolektora su 0.5mx1m. Ostatak kanala je zadržan u postojećem stanju.

Izvršena je analiza kapaciteta i stabilnosti kosina glavnog otvorenog obodnog kanala. Usvojena je širina dna kanala od 2m, dok se dubine kreću od početnih 0.6m do maksimalnih 4m na stacionaži km 0+731.26. Prosječna dubina kanala je 2.42 m, usvojeni nagibi kosina su 1:1.5. Obala kanala je zaštićena vodopropusnom kamenom oblogom na filtru od istorodnog materijala kao i obloga. Zbog obezbjeđenja stabilnosti kosina otvorenog kanala, usvojena je temeljna greda čija je bazna širina 1.2m, a visina 0.4m.

Na osnovu rezultata proračuna kinematičkim talasom, u odnosu na dinamički talas, možemo zaključiti da se najznačajnije razlike javljaju u otvorenom kanalu gdje je velika razlika u rezultatima doprinos dinamičkog talasa koji je prilagodljiviji ovom tečenju jer se primjećuje uticaj retenzije i povratnog toka. Pri petogodišnjim kišama, u kinematičkom talasu, dolazi do plavljenja pojedinih čvorova, što nije slučaj kod dinamičkog

Na osnovu analize i rezultata, zaključuje se da su ispunjeni osnovni uslovi projektovanja atmosferske kanalizacije za kišu dvogodišnjeg povratnog perioda, trajanja 20 minuta, čak i pri Manningovom koeficijentu protoka preko nadzemnog dijela propusnih površina, 0.1.

4. LITERATURA

[1] Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1

Kratka biografija:



Veljko Bratić je rođen u Mostaru (BiH), 23.08.1990. godine. Otac dvoje dece. Osnovne studije iz oblasti Građevinarstvo - Hidrotehnika završio 2015 godine na Fakultetu Tehničkih nauka u Novom Sadu. Od 2016 godine radi u privredi. Master rad iz oblasti Građevinarstvo - Hidrotehnika odbranio je 2023. godine na FTN.

kontakt: veljkobratic90@gmail.com

UPRAVLJANJE LJUDSKIM RESURSIMA U TRANSPORTNIM PREDUZEĆIMA**HUMAN RESOURCE MANAGEMENT IN TRANSPORT COMPANIES**Miloš Mladenović, Milica Miličić; *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – DRUMSKI SAOBRAĆAJ**

Kratak sadržaj – U ovom radu je opisana metodologija upravljanja ljudskim resursima u transportnim preduzećima kao ključ uspešnosti poslovanja preduzeća. Definisana je pojam menadžmenta, opisana je njegova struktura, razvoj u savremenom okruženju kao i funkcionalna primena u oblasti saobraćaja. Poseban akcenat je stavljen na pojam upravljanja ljudskim resursima, njegov značaj a posebno značaj ljudskih resursa kao glavnu konkurentsku prednost organizacije. Detaljno je predstavljen sam proces upravljanja ljudskim resursima, sagledan sa jedne strane kao naučna disciplina a sa druge a sa druge kao funkcionalno primenljiv proces u stvarnom okruženju. Na samom kraju je data povezanost sa savremenim informacionim tehnologijama koje olakšavaju, optimiziraju i unapređuju njegovu primenu u praksi.

Ključne reči: Saobraćaj, Menadžment, Organizacija

Abstract – This paper describes the methodology of human resource management in transport companies as the key to the success of the company's operations. The concept of management is defined, its structure, development in the modern environment as well as functional application in the field of traffic are described. Special emphasis is placed on the concept of human resources management, its importance, and especially the importance of human resources as the main competitive advantage of the organization. The process of human resources management itself is presented in detail, viewed on the one hand as a scientific discipline and on the other as a functionally applicable process in the real environment. At the very end, there is a connection with modern information technologies that facilitate, optimize and improve its application in practice.

Keywords: Traffic, Management, Organization**1. UVOD**

Svako preduzeće, kao celija robno-novčane privrede, predstavlja određeni organizacioni sistem. Pošto sistem podrazumeva skladno povezivanje delova u celinu, čime se omogućava njegovo funkcionisanje, poslovi upravljanja u preduzeću imaju posebno veliki značaj. Naime, organizacioni sistemi su, po pravilu, veoma složeni, a pred njima se postavljaju sve složeniji zadaci, koje mogu da ispune samo ljudi koji za to imaju odgovarajuću kvalifikaciju, tj. profesionalni menadžeri.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milica Miličić, red. prof.

Aktivnosti profesionalnih menadžera predstavljaju skup znanja i veština koja se koriste u regulisanju ponašanja organizacionih sistema. Sve te aktivnosti imaju zajednički naziv menadžment i predstavljaju okosnicu organizacione strukture preduzeća.

Menadžment predstavlja veoma kompleksnu aktivnost i može se posmatrati kao: veština upravljanja, teorija o upravljanju i kao upravljačka struktura.

Na današnjem nivou društveno-ekonomske razvijenosti menadžmentu se prepisuje presudna uloga i značaj za poslovni uspeh preduzeća. Na to su značajno uticali savremeni uslovi privređivanja, koje karakteriše izražena konkurentnost i promenljivost. Shodno tome, samo preduzeće sa kvalitetnim i efikasnim menadžmentom može zadržati svoju konkurentsku poziciju, rasti i razvijati se.

Menadžment predstavlja ključnu funkciju preduzeća. U svim organizacijama nužno je planirati, organizovati, voditi i usmeravati rad zaposlenih, kako bi se postavljeni ciljevi ostvarili racionalnije. Suština je u tome da se ograničeni resursi racionalno koriste, kako bi se postavljeni ciljevi ostvarili uz što veći stepen efektivnosti i efikasnosti.

Smatra se da je menadžment po svojoj prirodi univerzalan i otuda njegova široka primena u različitim oblicima društvenih organizacionih sistema. Brojne specifičnosti u primeni menadžmenta govore o bogatstvu i kompleksnosti ove discipline, kao i o neophodnosti njenog implementiranja u strukturu svakog organizacionog sistema, jer, ključni elementi menadžmenta su univerzalni i, uz odgovarajuću adaptaciju, primenljivi u različitim sredinama, što su dosadašnja naučna istraživanja i iskustva u praksi i pokazala.

2. POJAM I ZNAČAJ MENADŽMENTA

Pod pojmom menadžment, u širem smislu, podrazumeva se odlučivanje o ciljevima organizacionog sistema, zatim o načinu i sredstvima kojim se takvi ciljevi mogu ostvariti, kao i o korišćenju rezultata poslovanja tog sistema. Sve veći i složeniji zahtevi koji se postavljaju pred nosioce upravljanja uslovljavaju i potrebu da se ove aktivnosti poveravaju profesionalnim kadrovima menadžmenta.

Menadžment se posmatra, s jedne strane, kao veština upravljanja organizacionim sistemima i s druge strane, kao teorija koja izučava ovaj fenomen i doprinosi njegovom usavršavanju. Savremeni menadžment karakteriše profesionalizam. Profesionalizam je zahvatio sve oblasti i ne postoji sistem kojim se može upravljati na amaterskim osnovama.

Menadžment je nauka. On ima svoj metod, predmet i cilj istraživanja, proučavanja i uopštavanja. To je multidisciplinarni naučni predmet.

linarna nauka koja rešava brojne probleme u organizaciji, od kojih su tri dominantna: tehnološki, organizacioni i razvojni.

Menadžment je univerzalna nauka. Pravila menadžmenta su ista u svim sistemima, nezavisno od njihovog društvenog, političkog i ekonomskog uređenja. Ova pravila se primenjuju u privatnim, državnim i mešovitim oblicima svojine.

Menadžment je i veština. Čovek koji se posvećuje menadžerstvu, mora da ima smisao za biznis. Iz navedenog proizilazi zaključak da je menadžerstvo profesija, nauka i veština. Ono ima strategiju, operativu i taktiku [1].

3. VRSTE MENADŽMENTA

U vezi sa stepenom nadležnosti u procesu odlučivanja i odgovornosti za ostvarivanje ciljeva preduzeća, teorija i praksa menadžmenta, razlikuju se tri osnovne varijante upravljačkih aktivnosti i to:

- Strategijski menadžment;
- Operativni menadžment;
- Menadžment poslovnih područja.

Navedene varijante menadžmenta razlikuju se po obuhvatu i složenosti odlučivanja o ciljevima, po načinu koordinacije i kontrole, kao i po hijerarhijskom položaju menadžera u sistemu menadžmenta.

3.1. Strategijski menadžment

Strategijski menadžment se može objasniti kao jedinstvo donošenja strategijskih odluka i skup menadžera koji takve odluke donose. S obzirom na hijerarhijske nivoe na kojima se kreiraju strategijski ciljevi, razlikuje se strategijski menadžment: preduzeća, poslovnih područja i poslovnih funkcija.

Svaki od navedenih nivoa menadžerske hijerarhije ima svoje specifične aktivnosti u procesu izbora strategijskih ciljeva poslovanja. Specifičnosti ovih vrsta strategija uslovljene su njihovim značajem za uspešnost poslovanja preduzeća kao celine, kao i složenošću i dalekosežnošću strategijskih ciljeva.

3.2. Operativni menadžment

Strategijske odluke koje donosi top menadžment kao najviši upravljački organ preduzeća neophodno je transformisati u operativne zadatke kako bi se omogućilo racionalno ostvarivanje ciljeva poslovanja. Ova neophodnost proističe iz okolnosti da su odluke strategijskog menadžmenta globalne i načelne, što znači da ih je neophodno operacionalizovati, odnosno razraditi u posebne zadatke pojedinih izvršnih funkcija preduzeća. Na taj način, operativni menadžment definiše neposredne ciljeve i zadatke za poslovne jedinice i funkcije.

Pri tome, neophodno je da se operativni ciljevi i zadaci, kao i zadaci njihove realizacije mogu kvantitativno izraziti. Time se omogućuje davanje preciznih upustava neposrednim izvršiocima, kao i kontrola njihovog realizovanja.

3.3. Menadžment poslovnih područja

Poslovanje preduzeća sačinjeno je od većeg broja srodnih poslova koji su grupisani u odgovarajuće funkcije, odnosno poslovna područja. To su, pre svega, aktivnosti proizvodnje, robne razmene (marketinga i nabavke) i finansiranja, koje čine okosnicu poslovanja preduzeća. Zato se ove grupe srodnih aktivnosti preduzeća nazivaju poslovne funkcije.

Međutim, u cilju što veće efektivnosti poslovanja i efikasnosti korišćenja raspoloživih resursa, u preduzeću se formiraju i posebne grupe srodnih poslova, koje obuhvataju oblasti istraživanja i razvoja, kadrova informacionog sistema, pravnog zastupanja, normativne aktivnosti, obezbeđenja ljudi i sredstava i slično. I ove grupe srodnih poslova konstituišu se kao posebne funkcije, odnosno poslovna područja kojima se upotpunjuje poslovanje preduzeća [1].

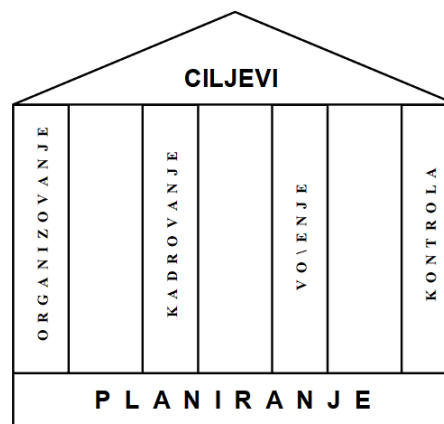
4. MENADŽMENT PROCESI

Proces upravljanja (menadžmenta) odvija se u više faza. Ukupan broj faza se može podeliti na pet osnovnih faza i to:

- Planiranje;
- Organizovanje;
- Kadrovanje;
- Vođenje;
- Kontrolisanje.

Svi ovi podprocesi ili faze su povezani i međusobno uslovljeni, i čine celinu procesa upravljanja preduzećem ka postizanju unapred zadatih ciljeva.

Dostizanje kompanijskih ciljeva kroz navedene osnovne aktivnosti menadžmenta može se šematski prikazati kao na slici 4.1.



Slika 4.1. Osnovne aktivnosti menadžmenta [3]

Dakle funkcionisanje menadžmenta se može posmatrati kao stabilnost jedne građevine. Dostizanje ciljeva koji treba da budu jasno definisani i stabilni, odgovaraju krovu te građevine. Temelj građevine je prva aktivnost menadžmenta, a to je planiranje. Nema stabilne građevine bez dobrog temelja, odnosno nema ostvarivih ciljeva kompanije bez dobrog planiranja.

Aktivnosti menadžmenta predstavljaju noseće stubove ove građevine. Ukoliko neki od ovih stubova nije kvalitetno napravljen, stabilnost krova, odnosno realizacija kompanijskih ciljeva postaje labilna i manje verovatna [3].

5. UPRAVLJANJE LJUDSKIM RESURSIMA- POJAM I ZNAČAJ

Upravljanje ljudskim resursima odnosi se na prakse i politike koje su potrebne da bi se izvršili menadžerski zadaci u vezi sa personalnim pitanjima, a posebno, sa zapošljavanjem, obukom, procenom i nagrađivanjem zaposlenih u

kompanijama, i stvaranjem, za njih, bezbednog, etički prihvatljivog i pravednog okruženja. Najveći broj savremenih teoretičara menadžmenta smatra da je upravljanje ljudskim resursima upravljačka aktivnost menadžera, koja obuhvata obezbeđivanje, razvoj, održavanje, prilagođavanje, usmeravanje i korišćenje ljudskih kapaciteta u skladu sa ciljevima organizacije, uz istovremeno poštovanje i uvažavanje individualnih ciljeva i potreba zaposlenih.

Upravljanje ljudskim resursima u fokusu ima zaposlene, kao najznačajniji resurs organizacije, svojevrstan metaresurs. Pod pojmom ljudski resursi podrazumevaju se ukupna znanja, sposobnosti, veštine, kreativne sposobnosti, motivacija i opredeljenost zaposlenih jedne organizacije, države ili društva. To je ukupna fizička, psihička i intelektualna snaga koju može angažovati organizacija u ostvarivanju svojih ciljeva. Ljudski resursi su najznačajniji kapital organizacije, koga karakterišu intelektualna, socijalna i emocionalna komponenta [2].

5.1. Upravljanje ljudskim resursima kao naučna disciplina

Savremeni menadžment ljudskih resursa predstavlja, posebnu, novu i modernu naučnu disciplinu u oblasti društvenih nauka. Bavi se proučavanjem svih aspekata zaposlenosti u društvu.

Menadžment ljudskih resursa kao nauka se konstituisao na izvorima saznanja srodnih nauka i naučnih disciplina, pre svega psihologije i ekonomije, pa i mnogih drugih, iz čega proizilazi da je to multidisciplinarna nauka.

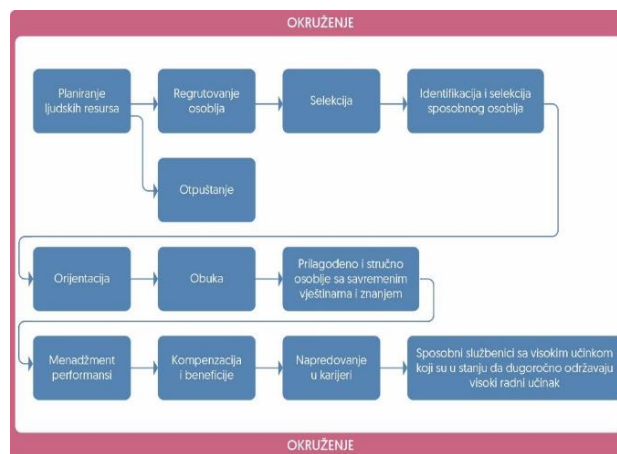
Iz psihologije, shvatanja o ljudskoj prirodi, o čoveku kao pojedincu, pripadniku grupe, organizacije i društva, i druge teorije o čoveku, primenjena su u psihologiji međuljudskih odnosa kao osnove upravljanja ljudskim resursima. Sledeći po značaju su principi ekonomije u okviru kojih funkcionišu preduzeća i ljudski resursi u okviru njih [4].

6. PROCES UPRAVLJANJA LJUDSKIM RESURSIMA

Nezavisno od toga da li organizacija primenjuje način rada visokim performansama, postoje određene aktivnosti menadžera i menadžmenta ljudskih resursa koje se moraju obaviti da bi se obezbedilo kvalifikovano osoblje, koje može uspešno izvršiti zadatke i poslove organizacije. Te aktivnosti su sastavni deo procesa upravljanja ljudskim resursima i imaju zadatak da pronađu i zaposle ljude sa određenim kvalifikacijama, i da stalno održavaju visoke performanse zaposlenih.

Proces upravljanja ljudskim resursima (slika 6.1.) odvija se u određenom okruženju i sastoji se od osam ključnih aktivnosti:

- Planiranje ljudskih resursa;
- Rekrutovanje kandidata za zaposlenje;
- Selekcija;
- Orijentacija;
- Obuka;
- Upravljanje performansama zaposlenih;
- Kompenzacije i beneficije zaposlenih;
- Napredovanje u karijeri [2].



Slika 6.1. Proces upravljanja ljudskim resursima [2]

7. CILJEVI MENADŽMENTA LJUDSKIH RESURSA

Već je istaknuto da je menadžment ljudskih resursa usmeren na uspešno ostvarivanje ciljeva organizacije. Osnovni cilj menadžmenta ljudskih resursa je poboljšanje koordinacije i pojačavanje intenziteta sinergije snaga organizacije u pravcu ostvarivanja njenih ciljeva. Za menadžment ljudskih resursa se može reći da je postigao osnovni cilj, ako je ostvario poboljšanje radnog učinka zaposlenih na strateški, etički i društveno odgovoran način.

Ovaj osnovni cilj nastoji se postići ostvarivanjem sledećih parcijalnih ciljeva:

Organizacioni cilj- Treba usvojiti stanovište da je svrha menadžmenta ljudskih resursa poboljšanje efikasnosti zaposlenih a samim tim i organizacije.

Funkcionalni cilj- Nivo doprinosa menadžmenta ljudskih resursa i veličina personalnog odeljenja mora biti u funkciji realizacije strategije organizacije.

Društveni cilj- Društveni sistem vrednosti neformalno, odnosno država formalno, zakonima i propisima, definiše i uređuje norme ponašanja u domenu radnih odnosa.

Lični cilj- Neophodno je podržati i pomoći zaposlenima u sticanju ugleda, postizanju ličnog uspeh, i u napredovanju u karijeri, ako ostvarivanje tih individualnih ciljeva doprinosi ostvarivanju ciljeva organizacije [4].

7.1. Funkcije upravljanja ljudskim resursima

Funkcija upravljanja ljudskim potencijalima može se raščlaniti na više podfunkcija i to: zapošljavanje, personalni razvoj, podsticanje uspešnosti u radu, otkrivanje menadžerskih potencijala i informisanje u području ljudskih potencijala. Svaka od tih podfunkcija sadrži niz procesa koji su nužni za ostvarivanje funkcije ljudskih potencijala [4].

8. MENADŽMENT I INFORMACIONE TEHNOLOGIJE

Da bi menadžeri mogli uspešno upravljati, potrebni su im relevantni podaci i informacije o događajima u organizaciji. Proces razvoja informacija počinje prikupljanjem određenih činjenica i statističkih vrednosti koje se nazivaju podacima. Nakon završenog procesa prikupljanja podataka, vrši se njihova analiza. Kao rezultat sveobuhvatne analize poda-

taka, izdvajaju se određeni zaključci, koji se označavaju kao informacije.

Informacioni sistem je mreža je mreža aplikacija u organizaciji putem koje menadžeri prikupljaju informacije koje su im potrebne u procesu donošenja odluka. Neke informacije menadžeri prikupljaju neposredno, ali ipak, najveći broj informacija prikuplja se putem informacionog sistema. Zato su informacioni sistemi svojevrsan servis menadžmenta [2].

Informacioni sistemi treba da pruže podršku prvenstveno menadžerima, jer su oni odgovorni za vođenje organizacije na putu do postizanja ciljeva. Da bi se informacioni sistem uspostavio, da bi radio i razvijao se, potrebno je preduzeti šest osnovnih koraka koji su prikazani na slici 8.1.



Slika 8.1. Osnovni koraci u razvoju i radu sistema [2]

Da bi informacioni sistem organizacije bio efikasan, u organizaciji moraju postojati pojedinci koji su stručni, kompetentni i osposobljeni da upravljaju tim sistemom. Upravljanje informacionim sistemom podrazumeva tri segmenta upravljanja:

- Upravljanje zadovoljstvom korisnika;
- Upravljanje radnom snagom na informacionom sistemu;
- Upravljanje bezbednošću informacionog sistema [2].

9. ZAKLJUČAK

U savremenim uslovima poslovanja koje odlikuju brze i nepredvidive promene, kako u okruženju, tako i u samoj organizaciji, organizacija mora biti što fleksibilnija da bi ispratila promene i ostala konkurentna, odnosno ostvarila konkurentsku prednost. Ljudski resursi predstavljaju kamen temeljac dugoročnog uspeha organizacije i trajni izvor njene konkurentne prednosti. Znanje, veštine, sposobnosti, kreativnost zaposlenih i njihova otvorenost za permanentno obrazovanje su od izuzetne važnosti za poslovni uspeh. Ključ uspeha je u inspirisanju ljudi da povećaju svoj učinak, da stiču i primenjuju nova znanja u cilju unapređenja poslovnih rezultata. Znanje danas postaje osnovni resurs i jedini pravi izvor konkurentne prednosti.

Ljudski resursi i njihova sposobnost učenja i prilagođavanja su bitan faktor vitalnosti, odnosno prilagodljivosti organizacije, a znanje i informacije kojima raspolažu menadžeri i zaposleni predstavljaju temelj organizacije i njenog razvoja u budućnosti. Strategijskim pristupom upravljanju ljudskim resursima preduzeće ostvaruje osnovni cilj ljudskih resursa pod kojim se podrazumeva poboljšanje radnog učinka svakog zaposlenog na strateški, etički i društveno odgovoran način, kao i neophodnost usaglašavanja individualnih, organizacionih i društvenih ciljeva uz istovremeno omogućavanje ostvarenja postavljene strategije preduzeća.

10. LITERATURA

- [1] Stavrić, B., „Menadžment“, Fakultet za poslovni inženjering i menadžment, Banja Luka, 2005.
- [2] Župljanin, S., „Menadžment“, Nezavisni univerzitet, Banja Luka, 2016.
- [3] Živković, Ž., Jelić, M., Popović, N., „Osnovi menadžmenta“, Tehnološki fakultet, Bor, 2005.
- [4] Stefanović, V., Vojnović, B., Urošević, S., „Menadžment ljudskih resursa savremene savremene strategije i konverze“, Institut za ekonomiku poljoprivrede, Beograd, 2012.

Kratka biografija:



Miloš Mladenović rođen je u Vranju 1999. god. Srednju tehničku školu je završio u rodnom gradu 2017. god. Iste godine je upisao osnovne akademske studije na Fakultetu Tehničkih Nauka u Novom Sadu, smer Saobraćaj i transport. Diplomirao je 2021. godine i iste godine upisao je master akademske studije, smer Drumski saobraćaj. Master rad na Fakultetu Tehničkih Nauka na temu Upravljanje ljudskim resursima u transportnim preduzećima odbranio je 2023.god. kontakt: mladenovicmilos50@gmail.com

ANALIZA TRANSPORTNE MREŽE PRIMENOM PROGRAMSKIH ALATA ANALYSIS OF THE TRANSPORTATION NETWORK USING SOFTWARE TOOLS

Milica Surčinski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – U ovom radu težište je na analizi transportne mreže, analizi transportnih troškova i optimizaciji transportnih ruta primenom programskih alata.

Ključne reči: *Troškovi transporta, transportne rute, optimizacione metode.*

Abstract – *In this paper, the focus is on the analysis of the transport network, analysis transport costs and the optimization of transport routes using software tools.*

Keywords: *Transport costs, transport routes, optimization methods.*

1. UVOD

Sa pojavom globalizacije javila se potreba za vremensko i prostorno približavanje proizvodnje i potrošnje, uz minimalne troškove. Takođe, potrebno je zadovoljiti potrebe krajnjih korisnika, što uslovljava konkurentnost na tržištu.

Transportna mreža i planiranje ruta predstavljaju ključnu stavku u svim transportnim preduzećima. Dobro isplanirana ruta doprinosi stvaranju profitabilnosti preduzeća, ali i smanjenju iste, ukoliko se predvide neki važni parametri troškova kod pojedinih ruta. Da bi preduzeće profitiralo, potrebno je sagledati sve parametre i moguće troškove prilikom planiranja transportne mreže, odnosno ruta. Neki od parametara će biti analizirani u radu.

2. TRANSPORT KAO LOGISTIČKA AKTIVNOST

2.1. Pojam transporta

Pojam transporta se može posmatrati u užem i u širem smislu. Transport u užem smislu predstavlja prevoz stvari sa jednog mesta na drugo, dok transport u širem smislu podrazumeva sve aktivnosti neophodne za obavljanje prevoza, skladištenje i obezbeđenje stvari i dokumentacije tokom procesa transporta.

Transport se može posmatrati kao:

- ulazni,
- unutrašnji i
- izlazni.

Ulazni transport predstavlja transport materijala proizvedenih unutar kompanije i obavlja se unutrašnjim

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Slaviša Dumnić.

transportom. Ulazni transport takođe predstavlja i transport materijala nabavljenih iz spoljašnjih izvora, a obavlja se spoljašnjim transportom.

U unutrašnjem transportu se uvek obavlja transport poluproizvoda i to sledećim redosledom: pogon – unutrašnje skladište – pogon – izlazno skladište.

Izlazni transport se odnosi na transport gotovih proizvoda i on se može obavljati delimično unutrašnjim, delimično spoljašnjim transportom [1].

2.2. Funkcije i efekti transporta

Transportom se obavlja prevoz, utovar, istovar, pretovar i skladištenje materijala, poluproizvoda i proizvoda.

Veza transporta i skladištenja je direktna. Ukoliko se objedine isporuke, adekvatno koristi prostor u prevoznom sredstvu i odaberu adekvatne rute, skladištenje postaje efikasnije. Objedinjene isporuke smanjuju potrebnu količinu rada i vremena isporuke za veći broj proizvoda. Transportom se oslobađa skladišni prostor.

Transport doprinosi zadovoljstvu krajnjih korisnika, ponudom pravih proizvoda, na pravom mestu, u pravo vreme, u traženoj količini i obećanim performansama.

Aktivnosti transporta su u uzročno – posledičnoj vezi sa svim drugim logističkim aktivnostima. Predstavljaju podršku nabavljenim materijalima do ulaznih skladišta, procesu proizvodnje kome obezbeđuju poluproizvode i procesu isporuke prevozeći i čuvajući proizvode za tržište [1].

2.3. Vidovi transporta

Vidovi transporta obuhvataju vazdušni, železnički, drumski, vođeni, kablovski i cevovodni. Vid transporta je rešenje koje upotrebljava određeni tip vozila, infrastrukture i operacije. Kompanije mogu koristiti samo jednu vid transporta i/ili više vidova transporta. Ukoliko se koristi samo jedan vid transporta kaže se da je to unimodalni transport. Kada se koristi više vidova transporta to je multimodalni transport, a može biti kombinovan i integrisan.

2.4. Faktori koji utiču na načine transporta

Analiza faktora koji utiču na načine transporta su ključni u odlučivanju o transportu. Faktori koji utiču mogu biti interni i eksterni.

Interni faktori su:

- karakter proizvoda,
- rok isporuke,
- finansijska sposobnost kompanije.

Eksterni faktori su:

- uslovi prevoza,
- raspoloživi kapaciteti kompanije ili posrednika,
- razvijenost prateće infrastrukture na put do odredišta,
- karakter tržišta,
- zahtevi potrošača i
- državna regulativa.

2.5. Drumski prevoz

Drumski prevoz kao primarna vrsta prevoza, koja koliko samostalno omogućava efikasno obavljanje prevoza, toliko služi drugim vrstama prevoza kao pomoćni prevoz u lancu isporuke. Drumski prevoz je prisutan i u najmanje razvijenoj zemlji sveta i najviše dostupan. Dostupan je kao posledica razvijene mreže puteva.

2.6. Sistemi za planiranje ruta i kontrolu implementacije transporta

Geografski informacioni sistem (GIS – *Geographic Information System*) koriste se za prezentaciju, analizu distribucije i skladištenje prostornih podataka, sa ciljem jednostavnijeg i efikasnijeg poslovnog planiranja, upravljanja i implementacije transportne mreže u logistici, saobraćaju i drugim oblastima, pogotovo u svim sferama planiranja. GIS se svakodnevno koristi širom sveta za efikasno povezivanje, koordinaciju i upravljanje svim transportnim procesima u velikom broju preduzeća [2]. Primena GIS sistema omogućava modeliranje i analizu problema kao što su:

- Pronalaženje najbližih infrastrukturnih objekata (najbliži autoput, aerodrom, trajektna luka, itd.)
- 3D vizuelizacija u kombinaciji sa satelitskim snimcima i druge analitičke aktivnosti.
- Određivanje najkraće i najbrže rute.

3. ANALIZA TROŠKOVA U TRANSPORTU

Da bi kompanija bila i ostala profitabilna, vlasnici i menadžeri teže da razumeju sve izvore troškova koji su u direktnoj vezi sa profitabilnošću svake kompanije. Profit je u direktnoj vezi sa transportnim i logističkim troškovima, ali kako grešaka ili vanrednih situacija ima mnogo, nije moguće uvek predvideti sve troškove.

Najveći logistički trošak su troškovi transporta. Troškovi transporta se mogu definisati kao izraz utrošene količine rada i sredstava za obavljanje procesa transporta. Postoji nekoliko faktora koji utiču na cenu koštanja transporta. Prvi faktor se odnosi na uslove eksploatacije koji obuhvataju karakteristike vezane za saobraćajni put i karakteristike samog transportnog sredstva. Drugi faktor odnosi se na viši stepen razvijenosti transportne mreže i doprinosi da se kretanje transportnih sredstava odvija brže, što utiče na smanjenje transportnih troškova. Sledeći bitan faktor jeste kvalitet prevoza, jer on čuva upotrebnu vrednost robe, a uključuje i brzinu transporta [3].

Neki od faktora koji takođe utiču na troškove u logistici transporta su: ekonomičnost, ekonomija obima i troškovne linije.

Da bi se upravljalo transportom, potrebno je upravljati troškovima transporta. Neki od načina da se upravlja troškovima transporta, odnosno da se smanje troškovi

transporta su sledeći: rutiranje transportnih sredstava, upravljanje potrošnjom goriva, upravljanje vremenom, upravljanje održavanjem voznog parka, povećanje bezbednosti, upravljanje dokumentima, informacijama i administracijom, itd [4].

Postoji mnogo ciljeva svakog poslovanja, a jedan od glavnih je pružanje kvalitetne usluge kupcima. Korišćenje savremenog procesa 3PL usluga se manifestuje prednostima u smanjenju troškova transporta, bržim rokovima isporuke kupcima, kao i efikasnijeg korišćenja skladišnog prostora. 3PL (eng. *Third Party Logistics*) ili logistika treće strane predstavlja dugoročnu posvećenost eksternalizaciji svojih distributivnih usluga logističkim preduzećima trećih strana. Prednosti kompanije koja se bavi 3PL uslugama su u tome što ona upravlja racionalizacijom i proučavanjem procesa smanjenja troškova transporta [5].

3.1. Vrste troškova u transportnom procesu

Naime, prilikom određivanja cene transporta potrebno je sumirati sve prisutne troškove.

Fiksni troškovi predstavljaju nepromenljive, stalne vremenske troškove koji su neelastični. Ova vrsta troškova ne zavisi od promena u iskorišćenosti transportnog kapaciteta. Ove troškove preduzeće mora da snosi i kada je primorano da obustavi proizvodnju. Međutim, posmatrani u odnosu na jedinicu proizvoda ovi troškovi su obrnuto srazmerni obimu proizvodnje. Sa povećanjem obima proizvodnje u istom vremenskom periodu udeo ovih troškova po jedinici proizvoda opada.

Varijabilni troškovi se menjaju sa promenom obima proizvodnje transportnih usluga. Veoma su elastični i lako se prilagođavaju raznim oscilacijama u poslovanju transportnih preduzeća. Izračunavaju se na osnovu udaljenosti (km).

3.2. Rizici u planiranju transportne mreže

Rizici u transportnom lancu se menjaju kako poslovna struktura postaje sve veća globalno, a i kako lanac snabdevanja i transportna mreža postaju sve složeniji, i međusobno povezani.

Ukratko, rizici u transportnom lancu su neizbežni, ali se mogu smanjiti i kontrolisati primenom odgovarajućih strategija i tehnologija. Kompanije moraju biti svesne ovih rizika i ulagati u odgovarajuće mere kako bi osigurale da se roba isporučuje bezbedno i na vreme [6].

4. OPTIMIZACIONE MERODE U TRANSPORTU

4.1. Problem trgovačkog putnika

Jedna od optimizacionih metoda u transportu je problem trgovačkog putnika. Predstavlja jedan od najsloženijih problema kombinatorike. Poznato tumačenje ovog problema jeste da trgovački putnik ima dat skup gradova, od kojih svaki mora posetiti tačno jednom i vratiti se u početni grad. Udaljenosti između gradova su poznate. Pitanje je kojim redosledom treba da obiđe gradove da bi ukupna dužina puta bila minimalna. Odatle potiče njegov opšteprihvaćen naziv „Problem trgovačkog putnika” kao i skraćenica TSP (eng. *Traveling Salesman Problem*). Ime je iz ranih 1930-ih veka uveo je američki matematičar H. Vitni [7].

4.2. Metode rešavanja Problema trgovačkog putnika

Metoda koja se prvo nameće kada je reč o rešavanju ovakvih problema je jednostavno pronalaženje svih mogućih tura, izračunati njihove dužine i izabrati najbolju. Međutim, ovaj metod zahteva previše vremena za računanje, da bi bila korisna za veći broj gradova. Zbog toga su relativno brzo razvijene mnoge aproksimativne metode koje daju prihvatljiva rešenja. Savremenim metodama moguće je pronaći rešenje za probleme od nekoliko miliona gradova u razumnom roku, što će sa velikom verovatnoćom biti veoma blizu optimalnog rešenja.

Neke od najčešćih metoda rešavanja problema su:

1. Egzaktne metode

To su metode koje rezultuju takozvanim egzaktnim algoritmom čiji je ishod je sigurno najbolje rešenje. Njihov nedostatak je dugo vreme izvršenja.

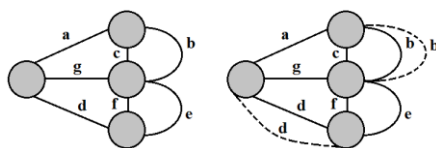
2. Aproksimativne metode

Ove metode koriste algoritme koji daju približna rešenja. Za relativno kratko vreme mogu se dobiti dovoljno dobra rešenja. Dakle, radi se o algoritmima sa manjom vremenskom složenosti, ali koji uglavnom ne garantuju očekivani kvalitet rešenja.

4.3. Problem kineskog poštara

Jedan poštara je odgovoran za dostavu pošiljaka u delu grada. On započinje sa dostavom pošiljaka iz određenog čvora u kome je locirana pošta i tokom radnog vremena mora da obiđe sve ulice u posmatranom delu grada najmanje jedanput, da bi se na završetku radnog vremena vratio u poštu.

Postupak traženja rešenja za CPP je sledeći. Pretpostavimo da je svaka tura u grafu ulica u kojoj treba isporučiti poštu, a vrh je mesto gde poštara može promeniti smer. Poštara mora proći svakom ulicom da bi isporučio poštu i želi minimizirati broj ponovnih prolazaka istom ulicom, koji se ne mogu izbeći jer graf nije Ojlerov. Ponovni prolazak istom ulicom prikazujemo na grafu kao dodanu (ponovljenu) turu. Nastale višestruke ture omogućuju da svaki vrh novog grafa bude parnog stepena, odnosno dodavanjem tura je izvršena "ojlerizacija" grafa. U modifikovanom grafu se može odrediti Ojlerova tura. Na primer, traženi poštara obilazak za Ojlerov graf sa slike 4 može biti a b c b e f g d d. U njemu se ponavljaju samo ture b i d. Pri traženju najkraćeg poštara obilaska gradskih ulica treba uzeti u obzir parametre kao što su dužine ulica ili vreme potrebno za prolazak tim ulicama. Matematički model za ovaj i slične probleme jeste težinski graf [7].



Slika 1. Poštara obilazak

4.4. Problem određivanja najkraće rute

U teoriji grafova, problem najkraćeg puta je problem pronalaženja puta između dve tačke (ili čvora) u grafu

tako da je zbir težina njegovih grana najmanji. Ovo je analogno problemu nalaženja najkraćeg puta između dve raskrsnice na mapi puteva: čvorovi grafa odgovaraju raskrsnicama a grane ulicama, gde težine predstavljaju dužinu ulica.

Algoritmi najkraćeg puta se koriste za automatsko pronalaženje puta između dve fizičke lokacije, kao što su uputstva pri vožnji na veb stranicama kao što su Mapquest ili Google Maps. Za ovu svrhu koriste se specijalizovani brzi algoritmi [8].

5. PRIMENA PROGRAMA U ODREĐIVANJU TRANSPORTNIH RUTA

5.1. Program WinQSB

WinQSB je besplatni softver za upravljanje kvalitetom i planiranje resursa koji se može koristiti za različite analize i simulacije u poslovanju. Jedna od funkcija programa je i optimizacija transportnih ruta.

U transportnoj logistici, WinQSB se koristi za modeliranje transportnih mreža, planiranje ruta i optimizaciju troškova transporta. Program omogućava korisnicima da kreiraju matematičke modele koji će im pomoći da donesu odluke o najboljim rutama, optimalnom korišćenju kapaciteta vozila i minimiziranju troškova transporta.

Sve odluke koje se donose u programu zasnovane su na matematičkim modelima i algoritmima, što obezbeđuje visok nivo preciznosti i pouzdanosti u procesu planiranja i donošenja odluka [9].

5.2. Program Excel

Excel je jedan od najefikasnijih programa za tabelarnu i grafo – analitičku obradu podataka. Deo je programskog paketa Microsoft Office. On poseduje alate koje ubrzavaju i olakšavaju rad u radnim tabelama. Nastao je 1987. godine u kompaniji Microsoft i od tada do danas je pretrpeo mnoge izmene. Treba istaći da primena Excela ne zahteva programerska znanja i veštine od korisnika.

Solver je Microsoft Excelov dodatni program koji se koristi za „šta – ako“ analizu. Koristi se za pronalaženje optimalne (maksimalne ili minimalne) vrednosti jedne ćelije promenom drugih ćelija [10].

6. ANALIZA TRANSPORTNE MREŽE KOMPANIJE MERCATA VT

U okviru ovog poglavlja biće analizirana transportna mreža kompanije Mercata VT. Takođe, detaljno će se analizirati postojeća transportna mreža ruta kojima se roba distribuira izvan grada u kojem se nalazi centralno skladište.

6.1. Kompanija Mercata VT

Mercata VT pod današnjim imenom posluje od 2. marta 2020. godine, iza kompanije je čak dve decenije znanja i iskustva u distributivnom biznisu. Nastala je kao sinergija kompanija Veletabak d.o.o. i Mercata d.o.o, a zajedničkim stečenim znanjem stvoren je još snažniji kolektiv sa perspektivnom budućnošću. To je distributivna kompanija koja se bavi snabdevanjem tržišta duvanskim proizvodima i robom široke potrošnje (FMCG).

6.2. Analiza transportne mreže

Kompanija poseduje četiri centralna skladišta i to u Beogradu, Novom Sadu, Čačku i Nišu.

Distribucija se vrši svaki dan prema određenoj lokaciji, unapred isplaniranom prevoznom rutom.

Količina robe koja distribuira prvenstveno zavisi od potražnje na određenoj lokaciji. Ali bez obzira na zahtev koji može oscilovati ili biti promenljiv u pojedinim gradovima, plan raspodele se ne menja [11].

7. PRIMENA PROGRAMA PRILIKOM ODREĐIVANJA RUTA KOMPANIJE MERCATA VT

7.1. Primena programa WinQSB

U ovom poglavlju prikazana je analiza i određivanje transportnih ruta korišćenjem programskog alata WINQSB. Uzeta su u obzir tri od četiri centralna skladišta, odnosno centralna skladišta u Novom Sadu, Čačku i Nišu kao i dvanaest određinih lokacija. Takođe, analizirani su troškovi putovanja, koji se baziraju isključivo na parametru udaljenosti, kao jedinom kriterijumu planiranja rute. Iako je prilikom planiranja ruta potrebno uzeti u obzir niz parametara, u ovom slučaju se koristi samo kriterijum udaljenosti (km) između centralnog skladišta i određinih tačaka.

7.2. Primena programa Excel

Nakon analize i određivanja transportnih ruta korišćenjem programskog alata WINQSB, sledi analiza i određivanje transportnih ruta korišćenjem programa Excel.

Kao što je ranije navedeno, Excel je program zasnovan na tabelarnom prikazu. Da bi se izvršila analiza, potrebno je formirati tabelu sa odgovarajućim podacima, a nakon toga uz pomoć odgovarajućih funkcija doći do rezultata.

Sve što je potrebno jeste da se unesu nazivi gradova i njihove međusobne udaljenosti. Nakon toga, vrši se jednostavna kalkulacija da bi se dobila najkraća ruta između datih gradova.

8. ZAKLJUČAK

Cilj rada bio je da se analizira transportna mreža, transportni troškovi i da se izvrši optimizacija transportnih ruta primenom programskih alata. Planiranje transportne mreže je složena aktivnost koja zahteva pažljivu analizu i primenu različitih metoda i tehnika. Uspešno planiranje transportne mreže može pomoći kompanijama da smanje troškove i poboljšaju poslovnu efikasnost.

Analizirani programski alati su dostupni svima i uglavnom ih koriste manje kompanije, zbog ograničenog budžeta. Sa druge strane, postoji veliki broj programskih alata, čija je cena implementacije velika, kao na primer

SAP i takve programe uglavnom koriste velike kompanije, čiji budžet to omogućava.

9. LITERATURA

- [1] R. Zuković, „Integralni transport i logistika“, 2014. Dostupno: <https://saobraccjci.files.wordpress.com/2014/06/transport-logistika.pdf>
- [2] V. Jovanović, B. Đurđev, Z. Srdić i U. Stankov, „Geografski informacioni sistemi“, Beograd 2012.
- [3] Univerzitet PIM, „Racionalizacija transportnih troškova u logistici“, Banja Luka, 2019. Dostupno: <https://univerzitetpim.com/wp-content/uploads/2019/07/Racionalizacija-transportnih-troskova-u-logistici1.pdf>
- [4] NTS, „10 Načina da se smanje troškovi transporta“, 2021. Dostupno: <https://www.nts-international.net/cg/blog/53-10-nacina-da-se-smanje-troskovi-transporta>
- [5] Progressive, „Troškovi poslovanja: Što uračunati u stvarne logističke troškove?“, 2014. Dostupno: <https://progressive.com.hr/?p=4463>
- [6] D. Regodić, „Logistika – lanci snabdevanja“, Beograd 2014.
- [7] V. Bosančić, A. Golemac i T. Vojković, „Kako pomoći trgovačkom putniku“, 2012, Dostupno: <https://hrcak.srce.hr/file/148131>
- [8] D. Frigioni, A. Marchetti-Spaccamela i U. Nanni, „Fully dynamic output bounded single source shortest path problem“, 1998.
- [9] Procedia – Social and Behavioral Sciences, „WinQSB simulation software – a tool for professional development“, 2019.
- [10] Microsoft, „Microsoft Excel“, Dostupno: <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/excel>
- [11] Mercata VT, „Mercata VT“, Dostupno: [MercataVT - Vodeći distributer robe široke potrošnje](#)

Kratka biografija:



Milica Surčinski, rođena je u Novom Sadu 1998. god. Nakon završene srednje tehničke škole u Indiji svoje obrazovanje nastavlja na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, gde 2021. godine stiče zvanje Diplomiranog inženjera saobraćaja

Kontakt: surcinski.milica98@gmail.com

ISTRAŽIVANJE POTREBA KORISNIKA ELEKTRONSKE TRGOVINE U REPUBLICI SRBIJI**RESEARCH OF THE NEEDS OF ELECTRONIC TRADE USERS IN REPUBLIC SERBIA**

Milica Nikolić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – POŠTANSKI SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – U radu je utvrđeno u kojoj meri se primenjuje elektronska trgovina u ruralnim područjima Srbije, da li su stanovnici sigurni u ovaj vid kupovine i u kojoj meri su klijenti lojalni u ovakvom načinu kupovine. Konstantan razvoj elektronske trgovine će postati deo svakodnevnice svakog pojedinca i način savremenosti života, koji će doprineti smanjenju cena usluga, lakšeg pristupa tržištu i izbegavanju troškova transakcija.

Ključne reči: Elektronsko poslovanje, Elektronsko tržište, Elektronska trgovina u Srbiji

Abstract – The paper determined the extent to which electronic commerce is applied in rural of Serbia, whether residents are confident in this type of purchase and to what extent clients are loyal in this way of purchasing. The constant development of electronic commerce will become a part of every individual's daily life and a modern way of life, which will contribute to the reduction of service prices, easier access to the market and avoidance of transaction costs.

Keywords: Electronic business, Electronic market, Electronic trade in Serbia

1. UVOD

Elektronska trgovina predstavlja multidisciplinarni koncept koji utiče na način obavljanja interakcija sa klijentima, načina na koji se obavljaju plaćanja, kao i odnosa sa dobavljačima. Rizik koji se javlja prilikom obavljanja elektronske trgovine se odnosi na korisnike, ukoliko nisu informisani o pravilima i načinu korišćenja usluga. Rad se bavi problematikom nivoa upotrebe i načinom funkcionisanja elektronske trgovine u ruralnim područjima Srbije. Predmet rada je elektronska trgovina, kao jedan od najvažnijeg segmenta elektronskog poslovanja, odnosno predstavlja kupovinu i prodaju proizvoda ili usluga, njihovo prezentovanje pomoću kompjuterskih mreža. Cilj rada jeste da se utvrdi u kojoj meri se primenjuje elektronska trgovina u ruralnim područjima Srbije, da li su stanovnici sigurni u ovaj vid kupovine i u kojoj meri su klijenti lojalni ovom načinu trgovine. Konstantan razvoj elektronske trgovine će postati deo svakodnevnice svakog pojedinca i način savremenosti života, koji će doprineti smanjenju cena usluga, lakšeg pristupa tržištu i izbegavanju troškova transakcija.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Dragana Šarac, red. prof.

2. ELEKTRONSKO TRŽIŠTE

Elektronsko tržište ili e-tržište predstavlja centralni, virtuelni prostor za trgovanje na Web-u, gde kupci i prodavci vrše aktivnosti elektronskog poslovanja i trgovine. Za razliku od tradicionalnog tržišta, na elektronskom kupci i prodavci razmenjuju proizvode i usluge elektronskim putem. Elektronsko tržište predstavlja sistem koji podržava barem jednu od funkcija klasičnog tržišta, to su:

- Pretraživanje proizvoda,
- Pronalazak partnera za trgovinu proizvodom ili uslugom,
- Obavljanje transakcija,
- Plaćanje i isporuka
- Pregovaranja o ceni i uslovima prodaje itd.

Termini koji se najčešće koriste za elektronsko tržište su tržišno mesto (electronic marketplace) i elektronski tržišni prostor (electronic marketspace). Postoji više poslovnih modela elektronskih tržišta, to su: *Elektronska prodavnica* (e-shop) je web mesto na kom se oglašavaju proizvodi i usluge, a koristi se i za svrhe oglašavanja i plaćanja. Osnovna svrha jeste da kupac ima relevantne informacije o proizvodu, kao i da ima tendenciju da želi da kupi dati proizvod. Ono što doprinosi ostvarenju prihoda elektronske prodavnice jeste relativno nista cena proizvoda ili usluge i jeftina reklama koja će da utiče na povećanje prodaje [1]. *Elektronski prodajni centar* predstavlja kolekciju elektronskih prodavnica i one omogućavaju standardizaciju pojedinih transakcija. Ovi centri mogu biti specijalizovani za određeni segment tržišta, i tada nude i specifične servise kao što su na primer odgovori na često postavljena pitanja, diskusione grupe ili korisničke grupe.

Elektronski nabavni centar (e-procurement), imaju veliku ulogu kada je reč o kupovini proizvoda ili usluga na veliko. Pogodnosti koje proizilaze iz ovog načina kupovine, jesu niže cene proizvoda, jeftiniji postupak nabavke i veći kvalitet; *Elektronski sajam* (e-bazar) omogućava svojim kupcima da komuniciraju i trguju. Prihodi se ostvaruju od članarine i reklama; *Elektronska aukcija* (e-auction) se zasniva na elektronskom obliku ponude, i može se koristiti kao multimedijaska prezentacija dobara. Često se proširuje i na sklapanje ugovora, plaćanja i isporuku robe. Aukcija zapravo predstavlja mehanizam određivanja cene postavkom javne ponude, do trenutka dok se ne postigne najviša cena. Cena predstavlja osnovni parametar aukcije [1].

3. ELEKTRONSKA TRGOVINA U SRBIJI

U našoj zemlji kupovina putem interneta je i dalje u razvoju, a najpoznatije kompanije koje se bave e-trgovinom se znatno razlikuju u odnosu na svetski poznate kompanije. Glavni razlog jeste dostava robe, koja za Srbiju može trajati i do 60 dana, a drugi veliki faktor jeste nedovoljno poverenje građana u inostrane internet kompanije. Najpoznatija platforma za e-trgovinu u Srbiji jeste **Kupujemprodajem.com**. Osnivač ove platforme je Bojan Leković, koji je realizovao svoju ideju 2007. godine. Od oktobra 2022. godine ova platforma ima preko 4,5 miliona aktivnih oglasa i više od 2,5 miliona registrovanih korisnika. Ovo je jedan od najposećenijih sajtova u Srbiji. Prema podacima iz kompanije, sajt redovno posećuje oko 32% korisnika Interneta u Srbiji, a od 2018. godine, na sajtu je u svakom trenutku aktivno preko 2 miliona oglasa. [2]. Kompanija **Halooglasi.com** je platforma za oglašavanje, kupovinu i prodaju proizvoda, robe, informacija. Ova platforma u Srbiji zauzima drugo mesto prema ostarenom profitu u domaćem saobraćaju. Treća najpoznatija platforma u Srbiji je **Limundo.com**. Limundo se danas nalazi u jedan od tri najposećenija sajta u Srbiji. Na sajtu je moguće pronaći sledeće kategorije: bela tehnika, mali kućni aparati, nameštaj, mobilni telefoni, baštenski proizvodi i sl. U Tabeli 1. mogu se videti neke od najposećenijih platformi e-trgovine od strane korisnika u Srbiji, među kojima je i svetski poznata platforma Aliexpress.com, nastao 2010. godine spajanjem više manjih preduzeća u Kini. U vlasništvu je firme Alibaba. U Srbiji većina mlade populacije koristi ovu platformu zbog niskih cena proizvoda, dok je mana dugi rokovi isporuke (najkasnije do 60 dana). [3] Vodeći sajt u Srbiji je Kupujemprodajem sa procentom od 21.05% iz razloga što korisnici imaju više poverenja u domaće sajtove nego u inostrane. Neki od razloga za to su: manje mogućnosti krađe proizvoda prilikom dostave, kraći rokovi dostave, sadržina pošiljke je autentična, cena dostave niža u odnosu na dostave iz inostranstva.

Razvoj Internet tehnologija postoji svuda u svetu, pa je tako i u našoj zemlji otvorena mogućnost da se integriše u već postojeće ili novostvorene sisteme elektronskog poslovanja. To je kompleksan proces koji zahteva angažovanje stručnjaka iz različitih oblasti znatne novčane investicije.

Da bi se elektronsko poslovanje moglo dalje razvijati, potrebno je ispuniti i neke tehnološke pretpostavke. Pre svega, potrebno je raspolagati informatičkom magistralom, odnosno, informatičkom infrastrukturom zadovoljavajućeg kapaciteta. Da bi se osigurala kompatibilnost uređaja i metoda koje se koriste u elektronskom poslovanju, potrebno je standardizovati sve aspekte rada mreže, od standarda video distribucije do protokola za rad u mreži i pružanja mrežnih usluga, kompresije različitih oblika multimedijalnih dokumenata i sl. Osim tehnoloških preduslova potrebno je unaprediti i zakonske pretpostavke koje će omogućiti nesmetan razvoj elektronskog poslovanja, zaštitu autorskih prava i privatnosti i osigurati univerzalni pristup mreži i adekvatnu politiku određivanja cena za pristup mreži i korišćenje informacija.

Među najvažnijim razlozima za optimistička predviđanja brzog razvoja elektronskog poslovanja su:

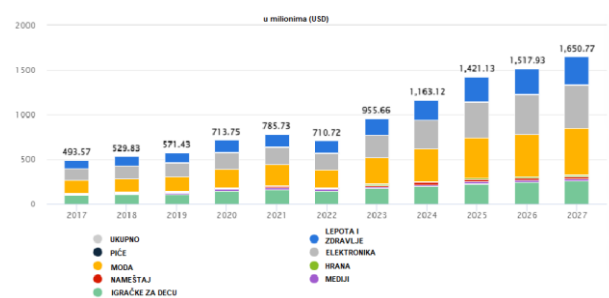
- Izvanredno brz tehnološki razvoj,
- Razvoj novih servisa i poslovnih modela,
- Razvoj nacionalnih i međunarodnih standarda i vodiča za elektronsko poslovanje.

Može se konstatovati da postoji veliki broj kritičnih faktora za uspeh elektronske trgovine u Republici Srbiji. Među osnovne i ujedno glavne faktore za razvoj elektronske trgovine spadaju: specifičnosti proizvoda i usluga, podrška top menadžmenta, tehnička infrastruktura, softver koji je odmaćen za korisnike, sigurnost i kontrola sistema elektronske trgovine, konkurencija i tržišna situacija, promocija i interna komunikacija, nivo i poverenje između kupaca i prodavaca, troškovi projekata elektronske trgovine...

Iako je Republika Srbija još uvek značajno tehnološki i informatički zaostala od razvijenih evropskih zemalja, prethodnih nekoliko godina došlo je do značajnog razvoja aktivnosti elektronske trgovine. Ovu činjenicu opravdavaju podaci o rastu broja računara po domaćinstvu, o rastu Internet korisnika u zemlji, kao i podaci o rastućoj zastupljenosti informaciono-komunikacionih sredstava u preduzećima.

Dalji razvoj ove delatnosti, kroz pojavu sve većeg broja elektronskih prodavnica, kao i kroz strategije ulaska naših preduzeća na globalno tržište elektronske trgovine podstiče praćenje globalnih trendova, omogućavanje novih sistema plaćanja putem Interneta, usvajanje novih pravnih propisa i dopunu već postojećih zakona. [4]

Prema statistici koju je sprovedla Statista - globalna poznata platforma za biznis podatke, prihod Srbije na tržištu e - trgovine u 2023. godini je 955.66 miliona dolara. Predviđa se konstantan rast i da će u 2027. godini biti rast za 72,74% u odnosu na 2023. godinu. (Grafikon 1.).



Grafikon 1. Razvoj e-trgovine u Srbiji u budućnosti

Iz datog grafikona možemo zaključiti da najveći udeo za razvoj e-trgovine čini moda, i samim tim doprinosi najveći prihod i rast i razvoj. Iz godine u godinu zabeležen je rast prihoda, izuzev 2022. godine kada je zabeležen blagi pad prihoda sa 36,46% u odnosu na 2023. godinu kada je ponovo zabeležen rast prihoda od 955.66 miliona dolara. Najmanji doprinos u 2022. godini činili su kupovina proizvoda lepote i zdravlja i igračke za decu. Prema statistici prihoda zaključujemo da će narednih godina u Srbiji biti prisutan konstantan rast prihoda sa oko 200 miliona dolara godišnje [5].

4. ISTRAŽIVANJE POTREBA KORISNIKA ELEKTRONSKE TRGOVINE U SRBIJI

Godina koja je ubrzala proces digitalizacije, kako u urbanim tako i u ruralnim područjima, jeste godina pandemije COVID-19. Globalna povezanost, koja je donedavno interesovala zatvorene grupe profesionalaca i privrede, postala je imperativ: on-line nastava, rad na daljinu, on-line kupovina i sl. Prednost pandemije jeste rast i razvoj elektronskog tržišta, kako u svetu, tako i u Srbiji.

Internet tehnologija postaje svakodnevica svakog drugog građanina Srbije, a masovnom upotrebom mobilnih telefona i kompjutera u porastu je i broj usluga koji se obavlja online. U Srbiji više od 80% domaćinstava poseduje računare, 78% poseduje Internet priključak, dok oko 95% koristi mobilne telefone. Istraživački rad se sastoji od ankete u ruralnim područjima i njihovim interesovanjem o kupovini putem Interneta. Primarni cilj ovog istraživanja je prikaz rezultata informisanosti i upotrebe elektronske trgovine u ruralnim područjima u Srbiji, kako bismo imali jasnu sliku o željama i potrebama korisnika, sa ciljem poboljšanja funkcionisanja u budućnosti. Istraživanje je sprovedeno od 14. januara do 15. februara 2023. godine. Istraživanje je sprovedeno po metodologiji anketiranja ispitanika, kao i sa telefonskim razgovorima sa pojedincima i ličnim upitima. Uzorak je alociran u 3 ruralna mesta u Srbiji : Jamena, Hajdučica i Vrnjci. Obim uzorka iznosi 105 ispitanika (po 35 ispitanika iz svakog mesta). Ciljna populacija se sastojala od stanovništva koje ima između 18 i 75 godina života, a najveći broj stanovništva činila je starija populacija (preko 50 godina).

Na Slici 1. dat je geografski prikaz naseljenih mesta u kojima je izvršeno istraživanje. To su: Jamena (opština Šid), Vrnjci (opština Vrnjča Banja) i Hajdučica (opština Plandište).



Slika 1. Geografski prikaz posmatranih ruralnih područja
Izvor: <http://sr.wikipedia.org>

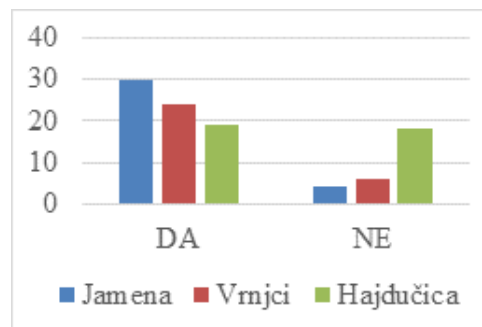
U ruralnim područjima živi pretežno starije stanovništvo koje ne naručuje putem interneta i ne želi da menja svoje navike. Hajdučica, Jamena i Vrnjci su tri mala sela u Srbiji sa od po oko 1000 stanovnika, od kojih je većina starije stanovništvo (55 godina i više). Ovaj sloj stanov-

ništva uglavnom ne naručuje putem interneta, ne veruje u nove tehnologije i ne želi da menja svoje navike i svakodnevnicu. Autori kao što su Vajnberg and Abramovic [6], tvrde da veličina uzorka veća od 30 eliminiše potrebu za proverom da li su podaci raspoređeni po normalnoj raspodeli. Pa ipak, postoje i drugačija mišljenja i zato u radu nisu korišćeni testovi koji zahtevaju normalnost podataka. Za dobijeni skup popunjenih anketa možemo zaključiti da je statistički reprezentativan, jer sadrži stanovnike različitih starosnih grupa, kao i nivoa obrazovanja. To je prikazano u Tabeli 1. i izraženo je u procentima.

Tabela 1. Uzorak anketiranih ispitanika sa aspekta starosne grupe i nivoa obrazovanja

BROJ ISPITANIKA (PRIKAZANO U %)			
STAROSNA GRUPA	Jamena	Vrnjci	Hajdučica
18 - 24	30,76	23,07	46,17
25 - 30	20	39	41
31 - 40	26,7	39,9	33,4
41 - 50	37,5	26,1	36,4
51 - 60	29,8	23	47,2
više od 60	27,58	31,03	41,39
NIVO OBRAZOVANJA	Jamena	Vrnjci	Hajdučica
Bez osnovne škole	24,5	50,1	25,4
Osnovna škola	26,82	29,26	43,9
Srednja škola	42,5	27,5	30
Viša škola / Fakultet	47,3	36,8	15,78
Master / Magistar	49,3	33,3	17,4

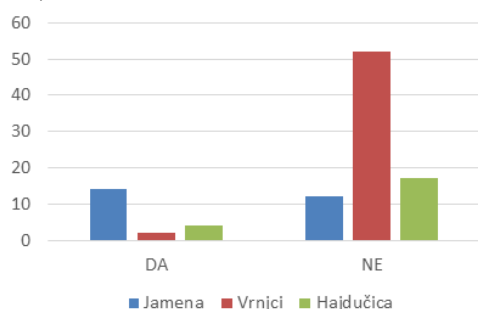
Iz datog prikaza tabele možemo zaključiti da najstarije stanovništvo ispitanika je u Hajdučici sa 41,37% i takođe živi najmlađe stanovništvo sa 46,17%. Populaciju između 18-24 godine koja živi u Hajdučici, najviše čine srednjoškolci koji putuju u Vrbas u škole, što nije primer i za selo Jamenu koja je udaljena od prvog grada oko 40km i nema autobusku liniju do grada. Sa aspekta obrazovanja, u Jameni živi najveći procenat obrazovanog stanovništva sa 49,3%, dok je u Vrnjcima nivo stanovnika bez osnovne škole 50,1%.



Grafikon 2. Ispitanici koji koriste Internet

Internet mreža je široko rasprostranjena i dostupna svim građanima u Srbiji, što utiče na razvoj elektronskog poslovanja. Internet danas je prema istraživanjima široko dostupan svakom pojedincu u državi, i koristi ga više od 80% stanovništva. Slična slika je postignuta i anketiranjem u razmatranim mestima. (Grafikon 2). Većina stanovništva poseduje Internet, ali oko 50% procenta stanovništva ga koristi i u svrhe kupovine putem Interneta. Ukrštanjem rezultata zaključujemo da stanovnici Jamene najviše koriste Internet sa 41,1%, dok je to u Vrnjcima 32,8% a u Hajdučici 26,1%. Prema podacima iz tabele, sasvim logično da je najmanji procenat upotrebe Interneta u Hajdučici, iz razloga što je tu najviše ispitanika sa starosnom grupom preko 60 godina. Stanovništvo ruralnih

područja masovno poručuje sa domaćih sajtova i beleži se konstantan rast, dok to nije slika sa inostranim sajtovima. Nedovoljna informisanost, nepoverenje, veliki rokovi čekaanja, krađa, su neki od razloga zbog kojih stanovništvo ruralnih područja nema tendenciju da poručuje sa stanih sajtova. Stanovnici u Vrnjcima procentualno poručuje 1,9%, dok stanovnici Jamene 13,6%, i to je najčešće poručivanje sa Aliexpress-a. Takođe, velik je broj nisko obrazovanog stanovništva, koje ne govori strane jezike i samim tim ima veliku odbojnost prema naručivanju iz inostranstva. Na Grafikonu 3. su dati rezultati ispitanika koji kupuju sa inostranih sajtova (AliExpress, Amazon, Alibaba...).



Grafikon 3. Ispitanici koji koriste inostrane sajtove

Kupovina sa domaćih sajtova ima bolju sliku rasta sa 51% ljudi koji poručuju i visoko su zadovoljni uslugom. Procentualno sa domaćih sajtova u Jameni poručuje 46,2%, u Hajdučici 35,8 dok u Vrnjcima je taj procenat najniži sa oko 18%. Prednost rasta tražnje za domaćom on-line trgovinom jeste ta što se ova tri mesta nalaze daleko od gradova (u proseku 40km) i nemaju česte autobuske linije do grada, te je isplativo poručivati od kuće po relativno niskim cenama dostave. S druge strane, imamo dosta starijeg stanovništva koji ne koriste Internet, kao i stanovništva koje nema poverenja ili ga je izgubilo u kupovinu putem Interneta. Ispitanici koji naručuju sa domaćih sajtova su relativno zadovoljno dostavom pošiljka u smislu autentičnosti proizvoda, sigurne dostave, nemogućnosti krađe, isporuke na „vrata“ po pristupačnoj ceni. Kako žive u zabačenim selima, poručivanjem uštedeju vreme odlaska do grada, vreme petrage, zadovoljni su načinom plaćnja pouzećem. Velika mana su rokovi isporuke koji nisu u tačno određeno vreme (za dostavu je potrebno od 3 - 7 dana u zavisnosti od količina porudžbina i rute dostavljača). U selu Jamena su stanovnici najmanje zadovoljni kvalitetom dostave 4,9% je zadovoljnih korisnika. Kurirske službe koje vrše dostavu, pošiljke najčešće ostavljaju u Šidu sa rokom isporuke od 3 dana, a ukoliko korisnik ne dođe do Šida po pošiljku, ista će biti dostavljena kroz 5 – 8 dana. Korisnici u Hajdučici nisu imali primedbi na dostavu, najčešće je dostavljena oko 3 radna dana. Takođe, u Vrnjcima ispitanici nisu zadovoljni dostavom, ali strpljivo čekaju pošiljke, jer im je isplativija cena dostave, nego odlazak do grada. Mali broj ispitanika je bar jednom poručivalo sa inostranih sajtova, svega 15,8%, a 8,9% je razočano u poručivanje zbog velikih krađa pordžbina, dugih rokova isporuke i obmane sadržaja pošiljke. Mala prednost poručivanja sa inostranih sajtova jeste niža cena proizvoda, ali su visoke cene dostave, što odbija potencijalne kupce.

Istraživanje na grafički i tabelarni način prikazuje podatke o stanovništvu između 18 i 75 godina, kao i njihovim stavovima i željama koji se tiču on-line kupovine putem Interneta, na domaćim i inostranim sajtovima. Može se zaključiti da želja za on-line kupovinom kod starijeg stanovništva ne postoji, jer oni ne žele da se edukuju „pod stare dane“ i nemaju poverenja u savremenu tehnologiju. Mlađe stanovništvo lakše prihvata promene i ide u korak sa tehnologijom, ali mana jeste što u ruralnim mestima sve manje živi mladog stanovništva koji odlaze i grade život u gradu (najčešći razlog za to jeste posao). Istraživanje prezentovano u ovom radu dokazuje da stanovništvo nije dovoljno upućeno u način kupovine sa inostranih sajtova, više veruju domaćim sajtovima koji imaju sigurniju i bržu dostavu. Takođe, još jedan od razloga jeste nizak nivo obrazovanja, nepismenost i nepostojanost želje ka razvoju. Pozitivna strana analize jeste ta da se on-line trgovina, iz godine u godinu polako sve više razvija (u ruralnim mestima je taj razvoj znatno sporiji, ali ide uzlaznom lestvicom).

5. ZAKLJUČAK

Elektronska trgovina je u nedovoljnoj meri razvijena u Srbiji i u ruralnim područjima države, ali se kupovina putem Interneta razvija mnogo bržim tempom od pretpostavki. Stanovništvo ruralnih područja Srbije je pretežno starije koje je nepoverljivo u ovu vrstu usluge, pa je potreban dobar marketing i organizacija kako bi ova usluga zaživela na tržištu. Broj korisnika usluge ovih područja se više odlučuje za online kupovinu u odnosu na prethodne godine, jer ima mnoge prednosti u pogledu široke dostupnosti, niskih cena, uštede vremena. Danas se Republika Srbija nalazi u početnoj fazi za razvoj elektronske trgovine u poređenju sa trendovima u razvijenim zemljama. Iako celokupna slika potražnje za elektronskom trgovinom nije najsajjnija, uočen je blagi rast potražnje za Internet kupovinom u ruralnim područjima Srbije i zaključujemo da vreme elektronske i Internet trgovine tek dolazi.

6. LITERATURA

- [1] Simović V., Elektronsko poslovanje, Visoka škola strukovnih studija za IT-IST, Beograd, 2016.
- [2] <https://en.wikipedia.org/wiki/KupujemProdajem>
- [3] <https://pro.similarweb.com>
- [4] Končar J, Petrović Katai Ž., Pravci razvoja elektronske trgovine u Republici Srbiji , Subotica, 2011.
- [5] <https://www.statista.com>
- [6] Davis H., Survey of Master degrees in Europe, European University Association, 2009.

Kratka biografija:



Milica Nikolić rođena je u Sremskoj Mitrovici 1998.god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti: Poštanski saobraćaj i telekomunikacije, Elektronske poštanske usluge odbranila je 2023. godine.
kontakt:
nikolicmilica25099988@gmail.com

ILUSTROVANJE KARAKTERA RAZLIČITIH STILOVA U PROGRAMU ADOBE PHOTOSHOP**ILLUSTRATING CHARACTERS IN DIFFERENT STYLES IN ADOBE PHOTOSHOP**

Jovana Petrović, Ivana Tomić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – U radu je izvršeno istraživanje različitih stilova ilustracija karaktera kroz njihovu analizu i ilustriranje dva karaktera u datim stilovima, kako bi se unapredio sopstveni stil i veštine, i poboljšao radni proces. Za opise karaktera korišćen je generator koji daje detaljne opise karaktera i njihove odeće. U programu Adobe Photoshop izvršeno je ilustriranje karaktera sledeći pet stilova popularnih crtanih filmova, kao i lični stil autora.

Ključne reči: Ilustracija, Adobe Photoshop, stilovi karaktera, stilovi ilustracije

Abstract – In order to improve one's own style and skills, as well as the work process, the research of different styles of illustrating characters was done by analysis and consequent illustration of two characters in the given styles. A generator that provides detailed descriptions of characters and their clothing was used for character descriptions. The characters were illustrated in Adobe Photoshop following the five styles of famous cartoons and the author's personal style.

Keywords: Illustration, Adobe Photoshop, character styles, illustration styles

1. UVOD

Postoji veliki broj stilova crtanja, a svaki od njih ima drugačiju namenu. Različite vrste ilustracije zahtevaju drugačije veštine umetnika. Neki stilovi su detaljni, veoma uredni i zahtevaju mnogo strpljenja i vremena, dok su drugi takvi da dozvoljavaju veću slobodu umetniku, jer su potezi slobodni i postoji manje ograničenja u radu. Većina umetnika ima svoj stil po kom su prepoznatljivi, ali su prilagodljivi u svom radu, i u stanju su da eksperimentišu sa različitim tehnikama crtanja.

Predmet ovog rada je ilustracija dva karaktera u šest stilova koristeći program za obradu rasterskih slika. Cilj ovog rada je istraživanje različitih stilova drugih umetnika i unapređivanje ličnog stila i sposobnosti, kao i bolje ovladavanje programom Adobe Photoshop koji je nezaobilazni alat u radu svakog dizajnera.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Ivana Tomić, vanr. prof.

2. ANALIZA ODABRANIH STILOVA ILUSTROVANJA**2.1. Dizni**

Stil koji danas prepoznajemo kao Dizni nije uvek izgledao tako – menjao se i razvijao tokom vremena. Zavisio je kako od tehnologije pomoću koje su filmovi izrađivani, tako i od timova i pojedinaca koji su radili na ovim crtanim filmovima. Period obrađen u ovom radu je period Dizni renesanse. Stil blago varira od filma do filma, ali ono što je konstanta su tanke, čiste linije, koje se sužavaju ka krajevima. Linije koje uokviruju karaktere su retko crne, uglavnom su par nijansi tamnije od boje koju okružuju. Senke veoma meke, ako ih uopšte ima. Oči karaktera su veoma ekspresivne. Muški karakteri nemaju usne koje su u boji, dok je kod ženskih prisutna kako linija koja ih odvaja od ostatka lica, tako i boja.

2.2. Simpsonovi

Simpsonovi (*engl. The Simpsons*) je američka animirana sitkom serija koja satirično opisuje američki život. Osoba koja je zadužena za izgled Simpsonova je Met Grejning (*engl. Matt Groening*). Ključni izgled i prepoznatljivost Simpsonovima daju žuta boja, tanke spoljašnje linije, likovi sa nekoliko oštih ivica i prepoznatljivim očima. Oči su velike, izbačene, skoro okrugle sa crnim zenicama u vidu tačaka zbog kojih Simpsonovi izgledaju kao da su zapanjeni [1]. Za svaki karakter postoje uputstva za svaku njihovu emociju, kretanje tela, proporcije, međusobne odnose veličina, kao i kako izgledaju nacrtani iz različitih uglova. Prilikom prelaska sa tradicionalne animacije na digitalnu dobijaju se življe pozadine i oštija grafika, više detalja. Proširena je paleta boja koja je bila korišćena do tad, pozadine više nemaju samo jedan izvor svetla, i na njih su dodate vinjete, a likovima su dodate senke [2].

2.3. Saut Park

Saut Park (*engl. South Park*) je američka animirana sitkom serija koja prati četiri lika: Stena Marša, Kajla Broflovskog, Erika Kartmana i Kenija Makormika i njihove doživljaje u gradu po imenu Saut Park. Likovi se crtaju vektorski, i zatim se ubacuju u 3D softer i pomoću njega se dobija željeni izgled - sve izgleda kao da je izrezano od papira. U seriji se koristi digitalizovana verzija originalnog papira koji je korišćen u prvoj epizodi, a od kog su likovi i pozadina izrezivani [3]. Glavni karakteri u seriji su međusobno veoma slični, iste su veličine, čak im je i koža identične boje. Glavna razlika im je odeća i kape koje nose na glavama. Svi karakteri imaju veliku okruglu glavu, mala kvadratna tela,

karakteristične ovalne oči sa sitnim crnim zenicama, veoma jednostavne crte lica. Karakterima odraslih osoba nos je definisan pomoću jedne ili dve linije i obrve su jednostavne, dok deca nemaju ni noseve ni obrve. Deca u seriji nemaju uši. Sva odeća je jednostavna, definisana sa par linija, isto kao i kosa. Senke na samim karakterima ne postoje, a površine su razgraničene bojom ili linijama.

2.4. Pokemoni

Pokemoni (*engl. Pokémon*) su anime zasnovane na istoimenoj seriji video igara. U prvim sezonama, dok se originalni dizajn još uvek nije menjao, mogu se uočiti različiti oblici očiju kod ljudi. Najčešće se javlja oblik poput Ešovog ili njegova uža varijanta. Karakteri uglavnom imaju oči u boji. Oči su veoma ekspresivne kako bi prenele razne emocije. Obrve su kod ženskih likova uglavnom veoma tanke, a kod muških su obično u formi uskog trougla koji se sužava ka sredini lica ili oblika kao ženske, samo znatno šire. Obrve se mogu pojaviti preko kose. Usta su, kada su zatvorena, u većini slučajeva predstavljena samo linijom. Svi nosevi su veoma mali, predstavljeni trouglom i uvek osenčeni. Kosa je jednoboja sa povremenim odsjajima. Oblik glave je ravan sa strane, sa trouglastom vilicom u formi odsečenog ili pravilnog trougla. Noge su uvek ravne, gotovo stubaste. Muški likovi imaju veoma izraženu četvrtastu figuru. Svi likovi imaju crnu tanku konturu. Senke su uvek jednostavne i oštih ivica.

2.5. Moćne devojčice

Moćne devojčice (*The Powerpuff Girls*) je američka animirana serija koja prati život tri devojčice superheroja: Blossom (*engl. Blossom*), Bubbles (*engl. Bubbles*) i Buttercup (*engl. Buttercup*). Izgled je inspirisan delima slikarke Margaret Kin i stilom animatora Pola Rudiša. Za izgled svake devojke glavni fokus bio je na međusobnom kontrastu. One su nacrtane da budu set i dobile su boje kose koje ih razlikuju. Devojčice uvek nose haljinu u određenoj boji (Blossom rozu, Bubbles plavu i Buttercup zelenu), crni kaiš, bele čarape i crne cipele sa kaišem. Blossom uvek nosi crvenu mašnu. U uputstvima za crtanje [4] može se videti šta je dozvoljeno prilikom crtanja, a šta nije. Sjaj u očima definiše u kom pravcu devojčice gledaju, kad su besne, oči se mogu skupiti i stisnuti tako da nisu više okrugle kako bi se naglasila emocija. Kada je ugao gledanja od dole, kosa može nestati. Glava nipošto nije idealan krug, već je elipsa vrlo precizne veličine. Linija kose ne sme biti prava linija, uvek je malo zakrivljena na gore. Razdeljak je uvek na sredini glave i sredini mašne. Ruke su potpuno ravne, nemaju treću dimenziju, moraju imati vrh, ne smeju biti zaobljene i ne smeju se savijati u predelu šake. Prilikom crtanja nogu, treba uzeti u obzir da je oblik noge kao čarapa napunjena mokrim peskom. Bitno je da je spoljašnja linija nogu uvek u liniji haljine, i da haljina nema unutrašnji deo, nego se uvek samo vidi prednji deo. Kada karakter stoji pravo, noge moraju biti potpuno spojene [4].

3. GENERATORI OPISA KARAKTERA

Generatori opisa karaktera generišu imena karaktera, njihovu ličnost, godine, kao i rasu (čovjek, ork, vilenjak...), njihove fizičke karakteristike, socijalni status, super moći itd. Detaljnost ovih opisa varira od generatora do generatora. Nakon detaljne analize generatora koji se

najčešće koriste u praksi (poput *Springshole* generatora, *Fantasynamesgenerator*, NPC generatora) zaključeno je da će u radu biti korišćen Rangen generator.

Ovaj generator nasumično generiše tekst koji daje vizuelni opis karaktera. Može se birati pol, ili ostaviti na nasumičnom, realističnost, i detalji - opis može biti jednostavniji ili detaljniji. Ukoliko je opis jednostavniji, dobiće se opis pet karaktera, a ako je detaljniji, tri. Prilikom izbora detaljnog opisa, nudi nam se pregršt novih izbora. Može se birati dužina, boja i stepen gubitka kose, dlake na licu, pirsinzi, tetovaže, šminka, ožiljci i informacije o odeći. Sve ove opcije imaju mogućnost isključivanja, dok se za dužinu kose može birati tačna dužina.

Prilikom izbora realističnosti, postoje četiri opcije - realna, egzotična, anime i jedinstvena.

4. METODOLOGIJA RADA

Za izradu karaktera korišćen je program *Adobe Photoshop 2021*. Kako su svi izabrani stilovi rađeni rasterski, sem Saut Parka, koji je vektorski, ovaj program se nametnuo kao logično rešenje. Iako je stil Saut Parka vektorski, on se može praviti u ovom programu, jer postoje određene alatke pomoću kojih se dobiju vektori, poput alatki za oblike i alatke *Pen Tool*.

U radu su izrađena dva karaktera, jedan muški i jedan ženski. Rad je izveden u sledećim koracima: prvo je generisan opis karaktera koristeći *Rangen* generator i to detaljna verzija koja daje i informacije o odeći. Za oba karaktera korišćen je prvi generisan opis. Zatim su prikupljene relevantne reference i napravljene su table inspiracije za svaki stil i za odeću karaktera.

Prema tablama inspiracije izrađena je konačna ilustracija za svaki odabrani stil, gde je po potrebi urađena skica na papiru, zatim je (ukoliko postoji) digitalizovana i preko nje je urađen linijski crtež u softveru. Nakon toga su dodavane boje, a zatim i senke ukoliko se stilom zahtevaju. U slučajevima kada zbog jednostavnosti stila skice nisu bile neophodne, linijski crtež je rađen direktno u softveru.

Crtež je pratio kolaže kreirane na bazi tabli inspiracije radi precizne anatomije i bližeg praćenja stila. Ostali koraci izade bili su isti kao u prethodnom slučaju.

5. REZULTATI

5.1. Generisani opisi karaktera

U Rangen generatoru karaktera generisana su dva detaljna opisa, muški i ženski.

Za muški karakter generisan je sledeći opis: „Težak, hladan beloputi čovek koji ima bradavicu na levoj ruci. Njegova kratka, gusta, crna kosa je lagano gelirana. Ima izražajne, blizu postavljene, zelene oči, male usne i natečene obraze. Ima uska ramena, uglaste bokove, vitak torzo sa definisanim mišićima grudnog koša i uskim strukom, debeo vrat i stopala prosečne veličine. Ima više tetovaža na levom stopalu, licu, zglobovima, potkolenici i levoj podlaktici. Često nosi novu, sportsku odeću koja je uglavnom pastelnih boja, labava i lepršava. Uglavnom nosi personalizovan šorts.”

Za ženski karakter generisan je sledeći opis: „Niska i mišićava, ova impresivna žena zlatno-bruon kože na donjem

delu leđa ima karakterističnu ranu koja je nastala kao rezultat glupog ponašanja godinama ranije. Njena kovrdžava smeđa kosa do laktova, trenutno ofarbana u zeleno, je vezana. Ima tanke oči boje lešnika, rupicu na bradi, tanke usne i uglacto lice. Ima mršav torzo bez izraženih grudnih mišića i uzak struk, uska stopala i mišićav vrat. Njeno celo telo je platno za brojne religiozne tetovaže. Često nosi prljavu, neusklađenu odeću koja je uglavnom živih boja. Obično se vidi kako nosi moderan šal. Takođe nosi više prstenova na jednoj ruci.”

5.2. Table inspiracija

Table inspiracije su izrađene kako bi se lakše i brže došlo do finalnog izgleda karaktera. Izrađena je tabla inspiracije za svaki stil, kao i za samu odeću (Slika 1.) koju će karakteri imati obučenu. Slike su birane tako da se vidi izgled linija, poze karaktera, oblici očiju, usta, ušiju, boje tena, boje kose i frizure, kao i tretiranje svetla i senki. Na slici 1. se mogu videti table inspiracije za odeću ženskog i muškog karaktera.



Slika 1. Table inspiracije: a) Odeća ženskog karaktera, b) Odeća muškog karaktera

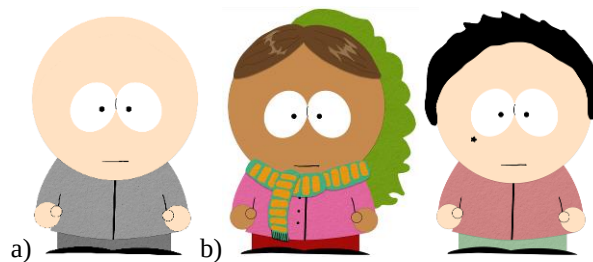
5.3. Ilustracije karaktera

Karakteristi su ilustrovani što bliže generisanom opisu, ukoliko je to bilo moguće ispratiti u odabranom stilu. Nakon analize table inspiracije kreiran je kolaž po kome je rađena skica. Nakon skice, rađen je linijski crtež okruglom tvrdom četkicom. Ovi koraci su zajednički za sve

stilove, sem za stil Saut Parka i Moćnih devojčica. Ova dva stila imaju osnove na koje se dodaju detalji.

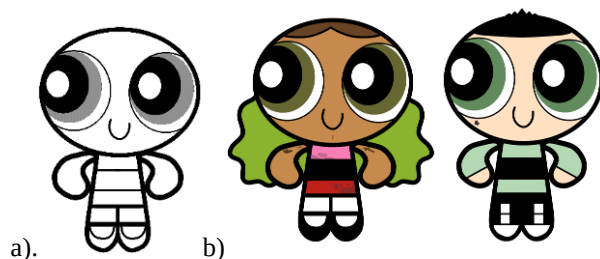
Za Saut Park osnova je napravljena pomoću alatke *Ellipse Tool* za sve elipsaste delove, alatka *Rectangle Tool* za pantalone, a alatka *Pen Tool* je korišćena za gornji deo odeće. Na ovu bazu se dodaju boje, dodatni elementi poput kose i šala, kao i tekstura papira koja je dodata u vidu maske na sve slojeve sem kože (Slika 2a).

Kako bi se postigla trodimenzionalnost, dodaje se senka koristeći stil sloja *Drop Shaddow*. Kako je ovaj stil jednostavan, nije bilo moguće ispratiti sve detalje iz generisanog opisa (personalizacija šortsa kod muškog karaktera, kao i tetovaže kod ženskog, npr.) (Slika 2b).



Slika 2. Stil Saut Park: a) Osnova, b) Finalni izgled karaktera

Za stil Moćnih devojčica glava i oči su urađene pomoću *Ellipse Tool* alatke. Oči se nalaze unutar maske kako ne bi prelazile ivice elipse koja predstavlja glavu. Telo je nacrtano okruglom tvrdom četkicom sa uključenom stabilizacijom kako bi se postigle što ravnije linije (Slika 3a). Boje su dodate u sloj ispod linija. U ovom stilu takođe nedostaju detalji poput personalizacije muškog šortsa zbog praćenja stila (Slika 3b).



Slika 3. Stil Moćne devojčice a) Osnova, b) Finalni izgled karaktera

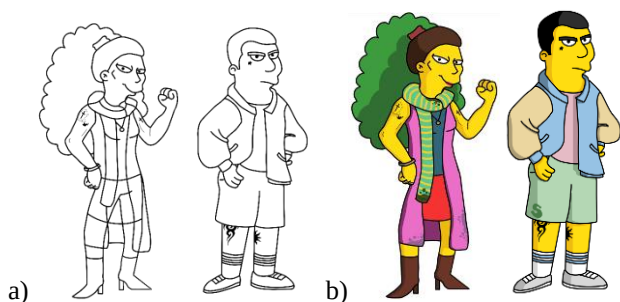
Za Dizni stil, kao i za ostale stilove koji nemaju bazu, urađen je linijski crtež tvrdom okruglom četkicom po skici (Slika 4a), pri čemu je po potrebi uključivana opcija za variranje linije pomoću pritiska. Boje su dodate tako da svaka boja ima svoj sloj, a svi slojevi sa bojom se nalaze iza linijskog sloja.

Kako linije u ovom stilu gotovo nikad nisu potpuno crne, dodaje se jedan sloj koji boji linijski crtež. Boja linije zavisi od boje koja dodiruje liniju - bira se boja iz sloja sa bojom, tom bojom se boji linija, ali je opacitet smanjen na 40%. Ovaj sloj ima masku kako bi uticao samo na sloj sa linijama. Konačan izgled ilustracije oba karaktera prikazan je na slici 4b.



Slika 4. Stil Dizni a) Skica, b) Finalni izgled karaktera

Ilustrovanje u stilu Simpsonovih je bilo veoma slično Dizni stilu, gde je jedina značajnija razlika sama skica. Kako je bilo potrebno izmeniti lice i odeću postojećih karaktera iz kolaža, na ta lica je dodavana žuta boja kože kojom su menjane karakteristike lica originalnog karaktera. Takođe, linije su potpuno ravne, bez variranja debljine pritiskom i potpuno crne (Slika 5a). U stilu Simpsonovih nije bilo moguće pratiti generisan opis povodom boje očiju i kože, jer je koža skoro uvek žuta, a oči su uvek crne (Slika 5b).



Slika 5. Stil Simpsonovih a) Linijski crteži, b) Finalni izgled karaktera

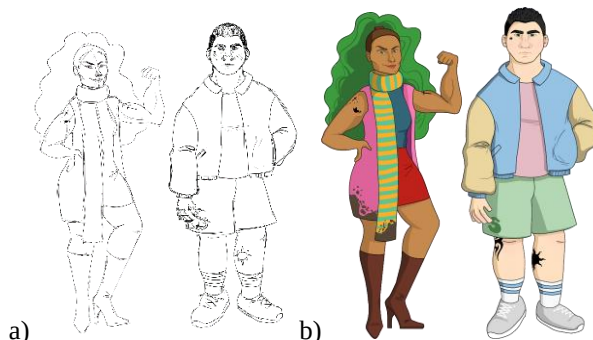
Za stil Pokemona nije bilo dovoljno referenci u relevantnim pozama, tako da je odlučeno da ženski karakter zauzme drugačiju pozu koja se često pojavljuje u ovom stilu. Skica je rađena preko kolaža tvrdom okruglom četkicom sa uključenim pritiskom. Linijski sloj je crtan tvrdom okruglom četkicom sa uključenom stabilizacijom kako bi se dobile oštre linije (Slika 6a). Slojevi ispod linijskog sadrže boje. Iznad ovih slojeva se nalaze slojevi sa senkama. Na kraju se dodaju slojevi sa detaljima poput tetovaža, personalizacije šortsa i fleka (Slika 6b). Ovaj stil je bio veoma zahvalan za crtanje što se tiče generisanog opisa, jer nije bilo prepreka u vidu ograničenja boja i oblika u bilo kom smislu.



Slika 6. Stil Pokemona a) Linijski crteži, b) Finalni izgled karaktera

Za lični stil su karakteri prvo ilustrovani na papiru, zatim je rađena digitalna skica, a tek nakon nje linijski crtež tvrdom četkicom sa uključenom varijacijom linije pritiskom. Kako bi boje bile što preciznije, prvo je kreirana

selekcija sloja sa linijama, zatim su linije koje dodiruju tu boju na novom sloju bojene, nakon čega je bojen deo koji je unutar linija. Način mešanja slojeva postavljan je na *Luminosity*, a opacitet slojeva je smanjivan sa predefinisanih 100% na 70%. Za lični stil nije postojala prepreka u vidu ograničenja i bilo je moguće u potpunosti ispratiti generisane opise.



Slika 7. Lični stil a) Skica, b) Finalni izgled karaktera

6. ZAKLJUČAK

Ovaj rad je imao za cilj istraživanje različitih stilova u ilustraciji kroz analiziranje karakteristika stilova i ilustrovanje dva karaktera u datim stilovima, kako bi se unapredio sopstveni stil i veštine, i poboljšao radni proces. Ustanovljeno je da su generatori opisa karaktera veoma korisni u smislu pomoći pri ideji za stvaranje karaktera, jer omogućavaju kreiranje neobičnih likova, čije kreiranje može biti izazov za ilustratora.

Tokom rada i analize postojećih stilova zaključeno je, kako bi se što bliže pratio stil, da je potrebno izbaciti određene detalje, pogotovo kod stilova koji su veoma jednostavni. Za pojedine stilove bilo je moguće kreirati osnove karaktera koje su omogućile postizanje konzistentnosti u izgledu i povećale brzinu samog rada. Ilustrovanje karaktera u različitim stilovima doprinelo je razvoju ličnog stila, kao i samoj brzini izrade ilustracija.

7. LITERATURA

- [1] <https://www.thethings.com/the-real-reason-the-simpsons-animation-looks-so-different-now/> (pristupljeno u decembru 2022.)
- [2] <https://www.insider.com/how-simpsons-2d-animation-aesthetic-changed-over-time-cartoon-evolution-2021-5> (pristupljeno u oktobru 2022.)
- [3] https://web.archive.org/web/20090329014416/http://digitalcontentproducer.com/mag/video_crappy_possible_method/ (pristupljeno u decembru 2022.)
- [4] <https://www.traditionalanimation.com/powerpuff-girls-model-sheets/> (pristupljeno u januaru 2023.)

Kratka biografija:

Jovana Petrović rođena je u Zrenjaninu 1998. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Rasterska grafika odbranila je 2020.god.
kontakt: petrovic.v.jovana@gmail.com

**ИСПИТИВАЊЕ ПОНОВЉИВОСТИ ШТАМПЕ НА ГРАФИЧКОМ СИСТЕМУ
XEROX VERSANT 280 PRESS****STUDYING THE REPEATABILITY OF PRINTING ON A XEROX VERSANT 280 PRESS
GRAPHICS SYSTEM**

Ленке Хорват, Немања Кашиковић, Ива Јуретић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

**Област – ГРАФИЧКО ИНЖЕЊЕРСТВО И
ДИЗАЈН**

Кратак садржај – У овом раду се упоређују резултати мерења одређених параметара за проверу поновљивости штампе, на тест картама које су штампане техником електрофотографије на штампарској машини Xerox Versant 280 Press. На основу одрађених мерења се врши упоредна анализа резултата добијених на тест картама штампаних у 0. тренутку и резултата на тест картама штампаних након 24 сата.

Кључне речи: Дигитална штампа, Електрофотографија, Контрола квалитета, Поновљивост штампе

Abstract – This thesis compares the results of measuring certain parameters for checking the reproducibility of printing, on test cards that were printed using the electrophotographic technique on a Xerox Versant 280 Press printing machine. Based on the measurements, a comparative analysis of the results on the test cards printed at the 0th moment and the results on the test cards printed after 24 hours is performed.

Keywords: Digital printing, Electrophotography, Quality control, Repeatability of printing

1. УВОД

Дигитална техника штампе се сматра једном од најзаступљенијих техника штампе у данашњем свету. Ова техника обезбеђује висок квалитет док испуњује и захтеве што се тиче штампе на различитим материјалима као и штампе производа чији се садржај често мења. Иако се захтева висок и непромењив квалитет отисака свакако се морају узети у обзир одступања од идеалне репродукције током процеса штампе које су резултат утицаја спољних фактора. Рад представља теоријске основе електрофотографије као и основе контроле квалитета. Након теоријског дела, описује се експеримент и врши се обрада резултата мерења помоћу чега се може закључити како се квалитет мења током времена.

2. ЕЛЕКТРОФОТОГРАФИЈА

Електрофотографија је најзаступљенија техника дигиталне штампе међу Non Impact техникама и патенти-

рана је 1942. године од стране Chester Carlson-а. Електростатичка штампа, ксерографија, ласерска штампа тонерска штампа и NIP поступак су такође познати називи за ову технику. Електрофотографија има особину да користи динамичку штампарску форму што значи да се штампарска слика при сваком циклусу штампе преноси на штампарску форму. Кад се упоређује са материјалном штампарском формом динамичка форма захтева много мање времена за њену израду, а време подешавања машине је такође краће. Поред наведених особина битно је напоменути и мање трошкове израде што омогућује штампу веома малих тиража (чак до висине тиража од 1 комад), израду повољних пробних отисака као и штампу персонализованих и специјалних производа који су подешени за појединачне кориснике.

Процес електрофотографије се може поделити на следеће пет фазе [1]:

1. Осликавање (осветљавање),
2. Обојавање,
3. Преношење тонера (отисак),
4. Фиксирање тонера и
5. Чишћење (кондиционирање).

Раздвајање штампајућих и нештампајућих површина код електрофотографије је засновано на наелектрисавању и разелектрисавању појединих елемената. На пример нештампајуће површине и тонер су истог наелектрисања и због тога се међусобно одбијају док се штампајуће површине и тонер међусобно привлаче због супротног наелектрисања. Штампарска форма код електрофотографије није у облику класичне штампарске плоче него представља низ наелектрисаних честица које се налазе на цилиндру (носачу слике). Тонер који се користи мора бити наелектрисан и слика постаје први пут видљива након наношења тонера [2].

Процес електрофотографије има једну значајну компоненту, а то је носач слике. Носач се може састојати из цилиндра који је израђен на алуминијумском основном језгру или из флексибилне траке са одговарајућим фотопровидним слојем.

Цилиндар за осликавање тј. фотопроводни слој може бити:

- ослојавање са арсенитселенидом (As_2Se_3) или сличном везом са садржајем селена,
- органски фотопроводник,
- аморфни силицијум.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Немања Кашиковић, ред. проф.

Најчешће се користи ослојавање са органским вишеслојним системима из разлога што могу у широком спектралном подручју да се сензибилизују [1].

3. КОНТРОЛА КВАЛИТЕТА

Како би се обезбедио квалитетан и конзистентан отисак, јако је битна контрола квалитета у штампи. Постоје две методе са којима можемо одредити квалитет, а то су [3]:

- објективна анализа и
- субјективна анализа.

Објективна анализа подразумева употребу мерних уређаја и добијање нумеричких вредности за опис квалитета. Објективна метода може подразумевати денситометријска, колориметријска и спектрофотометријска мерења. Са друге стране субјективна анализа је базирана на карактеристикама људског визуелног система и спроводи се са стране посматрача [3].

У наставку су описани одређени параметри који у дигиталној штампи па тако и у електрофотографији могу значајно утицати на коначан квалитет отисака.

3.1. CIE L*a*b вредности и разлика у боји

Како би се могла израчунати разлика у боји (ΔE), потребне су измерене CIE L*a*b вредности. Разлика између две боје у CIE L*a*b простору боја представља Еуклидово растојање између те две тачке у простору. Разлике у боји се према величини вредности ΔE могу дефинисати као [4]:

$\Delta E < 0.2$ разлика боја се не види,

$\Delta E = (0.2-1)$ разлика боја се примећује,

$\Delta E = (1-3)$ разлика боја се види,

$\Delta E = (3-6)$ разлика боја се добро види,

$\Delta E > 6$ очигледна одступања боја.

3.2. Жутоћа и белина

Особине папира се могу поделити на површинске, структурне, оптичке, електричне и термалне особине. Жутоћа и белина папира спадају у оптичке особине папира и значајне су за крајњи квалитет отисака.

Жутоћа се дефинише као атрибут визуелног опажаја према којој се узорак процењује да одступа од очекиване белине и оцењује се да има мање или више жут тон. Овај опажај је резултат апсорпције светла у плавом делу видљивог светла. Жутоћа је особина која може указати на старење папира. Деградационе промене до којих долази током времена су резултат излагања дејству директног или индиректног сунчевог зрачења у реалним или симулираним условима. Индекс жутоће се користи као мера насталих деградација. Ако је индекс жутоће позитиван број, узорак се оцењује као жући.

У областима производње као што је и производња папира процена белине узорака игра битну улогу. Индекс белине указује колико узорак треба да буде бео тј. у директној корелацији је са визуелном проценом белине белих или приближно белих материјала. Према АСТМ стандарду, индекс белине је мера која показује колико је перципирана боја узорака слична референтној белој површини. Ако је вредност индекса белине већа од 100 онда се може рећи да је

узорак плавичасто бео, док индекс белине мањи од 100 указује на жућкасту белу боју узорака [4].

4. ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТА

Експериментални део рада састоји се из мерења различитих параметара на тест картама које су штампане техником дигиталне штампе. Споменуте тест карте су штампане на минималној (600 dpi) и максималној (1200 dpi) резолуцији у 0. тренутку, а затим за 24 сата, на 3 различита папира. На основу одрађених мерења се врши упоредна анализа резултата добијених на тест картама штампаних у 0. тренутку и резултата на тест картама штампаних након 24 сата. Овом анализом се може установити да ли је дошло до неких промена у квалитету штампе која је поновљена након 24 сата. Мерења подразумевају праћење промена у области оптичке густине, пораста тонских вредност, разлике у боји и спектралне рефлексије.

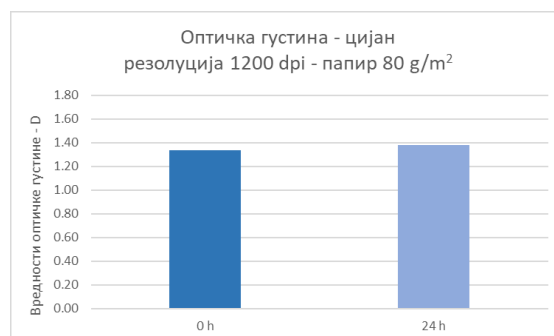
Основу мерења овог рада су представљале тест карте штампане на дигиталној штампарској машини, а коришћене подлоге су папири од 80 g/m², 170 g/m² и 300 g/m² од произвођача Nevia. Штампарска машина на којој су израђене тест карте је Xerox Versant 280 Press дигитална штампарска машина, док је за мерење коришћен мерни уређај Techkon SpectroDens.

5. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

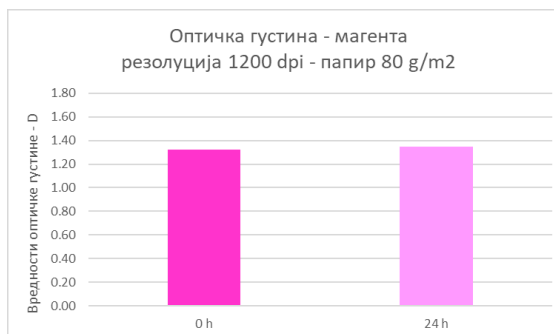
У наставку рада су приказани резултати мерења на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m².

5.1. Резултати и анализа резултата оптичке густине

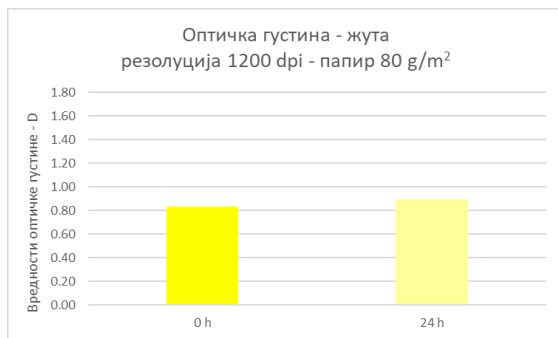
На сликама 1., 2., 3. и 4. су приказане добијене вредности оптичке густине цијана, магенте, жуте и црне боје на тест картама штампане на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m².



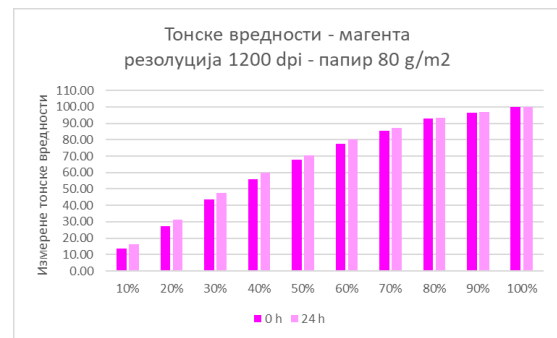
Слика 1. Упоредивање оптичке густине цијана на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m²



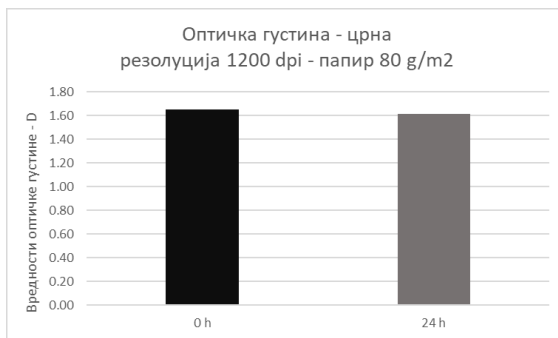
Слика 2. Упоредивање оптичке густине магенте на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m²



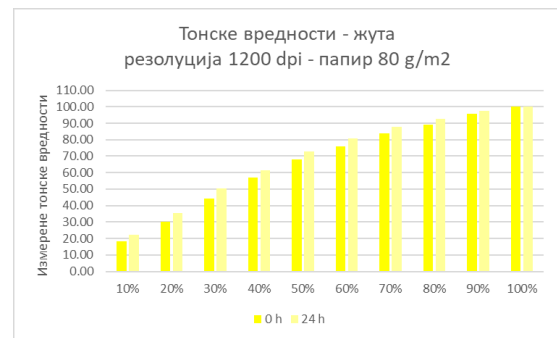
Слика 3. Упоредба оптичке густине жуте на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m²



Слика 6. Упоредба тонских вредности магенте на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m²



Слика 4. Упоредба оптичке густине црне на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m²

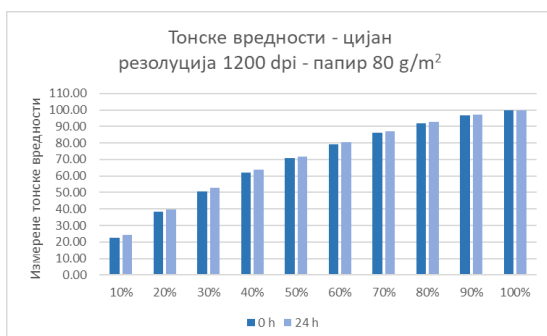


Слика 7. Упоредба тонских вредности жуте на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m²

На основу слика 1., 2., 3. и 4. се може закључити да постоје минималне разлике кад се упоређују добијени резултати на тест карти која је штампана у 0. тренутку и на тест карти која је штампана након 24 сата на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m². Код цијана, магенте и жуте су добијене вредности веће на тест карти која је штампана након 24 сата, док је у случају црне боје оптичка густина већа на тест карти која је штампана у 0. тренутку.

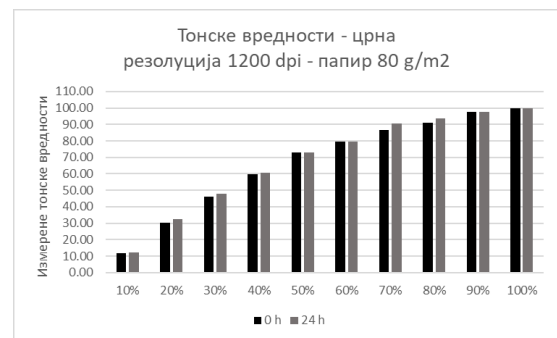
5.2. Резултати и анализа резултата тонских вредности

На сликама 5., 6., 7. и 8. су приказани измерени резултати тонских вредности цијана, магенте, жуте и црне боје на тест картама штампане на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m².



Слика 5. Упоредба тонских вредности цијана на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m²

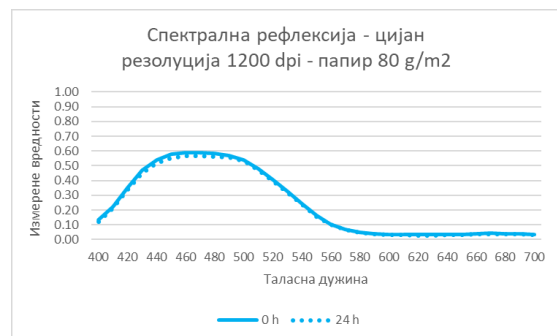
На основу слика 5., 6., 7. и 8. се може закључити да постоје минималне разлике кад се упоређују добијени резултати на тест карти која је штампана у 0. тренутку и на тест карти која је штампана након 24 сата на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m². Тонске вредности на свим мерним пољима све четири боје су веће на тест карти која је штампана након 24 сата.



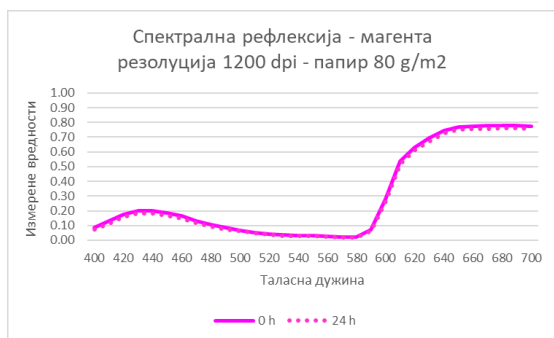
Слика 8. Упоредба тонских вредности црне на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m²

5.3. Резултати и анализа резултата спектралне рефлексије

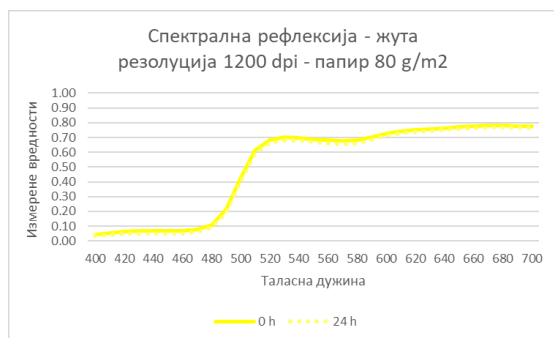
На сликама 9., 10., 11. и 12. су приказане спектралне криве цијана, магенте, жуте и црне боје на основу измерених резултата спектралне рефлексије на тест картама штампане на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m².



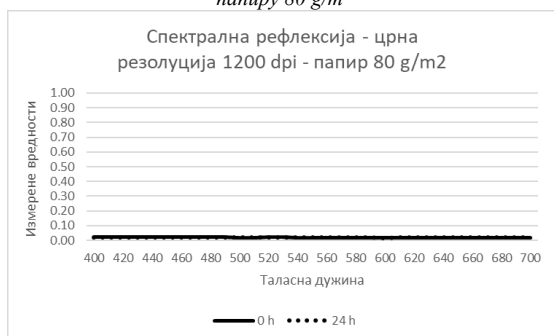
Слика 9. Спектралне криве цијана на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m²



Слика 10. Спектралне криве магенте на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m²



Слика 11. Спектралне криве жуте на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m²

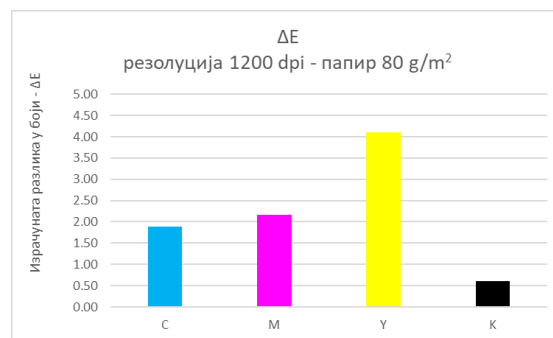


Слика 12. Спектралне криве црне на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m²

На основу слика 9., 10., 11. и 12. може се закључити да постоје минималне разлике кад се упоређују добијени резултати на тест карти која је штампана у 0. тренутку и на тест карти која је штампана након 24 сата на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m². Након упоређивања криви, може се видети да су оне приближно исте по свим таласним дужинама све четири боје и не постоје лако уочљива одступања.

5.4. Резултати и анализа резултата разлике у боји

На слици 13. је графички приказана разлика у боји за цијан, магенту, жуту и црну на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m². На основу величине добијених вредности се може закључити да се ΔE за црну примећује, за цијан и магенту се види, а за жуту се добро види.



Слика 13. Разлика у боји на резолуцији 1200 dpi, на папиру 80 g/m²

6. ЗАКЉУЧАК

Код анализе резултата оптичке густине и тонских вредности може се закључити да постоје минималне разлике кад се упоређују добијени резултати на тест картама које су штампане у 0. тренутку и на тест картама које су штампане након 24 сата, тј. примећује се конзистентност у наносу боје.

Након упоређивања спектралних криви генерално се може закључити да се вредности спектралне рефлексије нису значајно промениле након 24 сата, јер су спектралне криве на тест картама које су штампане у 0. тренутку и тест картама које су штампане након 24 сата приближно исте на свим таласним дужинама за све четири боје.

Резултати разлике у боји су показале да постоје одређене разлике између тест карти које су штампане у 0. тренутку и тест карти које су штампане након 24 сата и да су те разлике на основу њихове величине приметне, видљиве или добро видљиве.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kašiković N. (2020) Tehnike štampe [PowerPoint prezentacija], Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [2] Kašiković, N., Novaković, D., Jurič, I. (2016) Digitalna štampa, praktikum za vežbe, FTN izdavaštvo, Novi Sad
- [3] Jurič I. (2018) Model za kontrolu površinske uniformnosti digitalnih otisaka, Doktorska disertacija, FTN Izdavaštvo, Novi Sad.
- [4] Dedijer, S., Tomić, I., Milić, N. (2018) Nauka o boji, praktikum za vežbe, FTN Izdavaštvo, Novi Sad.

Кратка биографија:

Ленке Хорват рођена је у Новом Саду 1998. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Графичко инжењерство и дизајн одбранила је 2023. године.

Контакт: lenke98@gmail.com

др Немања Кашиковић, редовни професор

Контакт: knemanja@uns.ac.rs

**ПОРЕЂЕЊЕ КРАТКОРОЧНИХ ПОНОВЉИВОСТИ ШТАМПАРСКИХ СИСТЕМА
HP LATEX 570, LIYU PLATINUM Q3 И HP LATEX 3200****COMPARISON OF SHORT-TERM REPEATABILITY OF PRINTING SYSTEMS
HP LATEX 570, LIYU PLATINUM Q3, AND HP LATEX 3200**

Марија Икић, Немања Кашиковић, Ива Јуретић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ГРАФИЧКО ИНЖЕЊЕРСТВО И ДИЗАЈН

Кратак садржај – Приликом штампе није могуће избећи варијације између добијених отисака, те се из тог разлога врши мерење поновљивости која је уједно и јасан показатељ квалитета штампе. Циљ рада био је испитати краткорочну поновљивост штампе три различите машине, тј. упоредити отиске штампане у различитим временским интервалима. Узорци су штампани у почетном времену, затим након једног часа и након 24 часа од стартног времена. Мерене су вредности оптичке густине, пораста тонских вредности, CIE Lab координата боја, разлике у боји, спектралне рефлексије, као и оптичка својства подлоге, како би се утврдила одступања и варијације у погледу поновљивости штампе.

Кључне речи: Инкџет штампа, квалитет отиска, краткорочна поновљивост

Abstract – The repeatability of the print is a clear indicator of print quality. The objective of this study was to examine the short-term repeatability of print from three different machines, namely, to compare prints produced at different time intervals. Samples were printed at the initial time, then after one hour, and after 24 hours. Emphasis is placed on measuring quality attributes of ink reproduction. Values of optical density, dot gain, CIE Lab color coordinates, color differences, spectral reflections were measured to determine deviations and variations in terms of print repeatability.

Keywords: Inkjet printing, print quality, short-term printing repeatability, color reproduction

1. УВОД

Најчешћа NIP технологија поред електрофотографије је инкџет штампа. Реч је о технологији која користи млазнице како би пренела боју на подлогу и стога не постоји штампарска форма. Капи боје које пролазе кроз млазнице су реда величина неколико пиколитара. Сталним унапређивањем, квалитет инкџет штампе је достигао ниво квалитета конвенционалних техника. Велика предност ове технологије је могућност штампе на свим подлогама у веома малим тиражима јер је економичнија и финансијски прихватљивија [1].

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Немања Кашиковић, ред. проф.

Контрола квалитета у дигиталној, инкџет штампи се не разликује од контроле традиционалних техника. Циљ је такође исти: обезбедити конзистентан, квалитетан и поновљив отисак. Неки од најважнијих параметара који се контролишу су репродукција боје, светлина и физички атрибути попут особина подлоге и врсте штампарске машине. Сталним мерењем одговарајућих сегмената отиска или поља на тест карти добијају се резултати који говоре које параметре штампе је потребно модификовати и прилагодити како би се добио производ који испуњава захтеве квалитета.

Данас се на тржишту налази велики број графичких система који дају различит квалитет отисака, као и његову поновљивост због чега је циљ овог рада био испитивање и поређење краткорочних поновљивости три различите машине: HP Latex 570, HP Latex 3200 и Liyu Platinum Q3.

2. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

Практичан део рада подразумевао је испитивање квалитета отисака добијених на инкџет штампарским системима и њихово међусобно упоређивање. Штампа је вршена на три различите машине при чему је подлога била непромењена, самолепљива PVC (Polyvinyl chloride) фолија. Штампарски системи, који су поређени, су HP Latex 3200, Liyu Platinum Q3 и HP Latex 570. Свака од ових широкоформатних машина има предности и мане и у складу са тиме, варирају и њихове примене. У зависности од квалитета штампе одређеног графичког производа који је потребно постићи, бира се и најадекватнија машина.

На самолепљивој фолији је штампана тест карта QEA (Quality Engineering Associates, INC), A4 формата, која садржи поља за контролу квалитета боје - поља тонске репродукције, поља оштрине и квалитета линије, резолуције, ширења боје, квалитета текста, квалитета тонске тачке, итд. За потребе практичног дела овог рада мерене су оптичка густина и тонске вредности за поља цијана, магенте, жуте и црне боје, а затим и CIE Lab вредности на основу којих је добијена разлика у боји. Последњи мерени параметри који улазе у контролу квалитета боје су вредности спектралне рефлексије.

Оптичка својства подлоге могу да утичу на атрибуте квалитета штампе, те су из тог разлога измерени и параметри белине и жутоће подлоге. За сва мерења је коришћен исти уређај, спектрофотометар Tecskhon SpectroDens.

3. РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА

3.1. Оптичка густина и пораст тонских вредности

Мерење оптичке густине вршено је на пољу сваке процесне боје пуног тона по три пута на различитим местима на пољу и затим је израчуната средња вредност за сваку боју одређеног узорка. Узорци су штампани у 3 различита времена на 3 различите машине. Сви добијени резултати су упоредно представљени на графику 1.

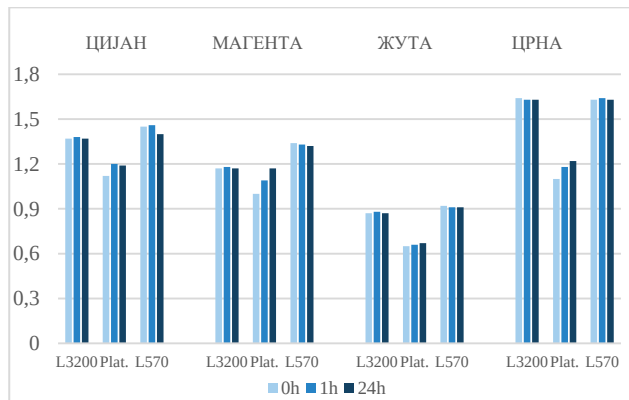


График 1. Краткорочна поновљивост оптичких густина процесних боја на све три машине

На графику 1 види се да најниже резултате има *Platinum Q3* машина, док су *HP* системи релативно уједначени. Када је реч о поновљивости, најбољи резултати су добијени на *Latex 3200*. С друге стране, највише варирања је на систему *Platinum Q3*, конкретније на магенти, али ни те промене нису екстремне. Приметна је и значајно нижа вредност оптичке густине црне боје на машини *Platinum* које је приближно једнака цијан боји на истој машини. Овај детаљ није добар знак јер је црна боја тамнија и мора имати већу вредност оптичке густине, тј. да апсорбује више светлости.

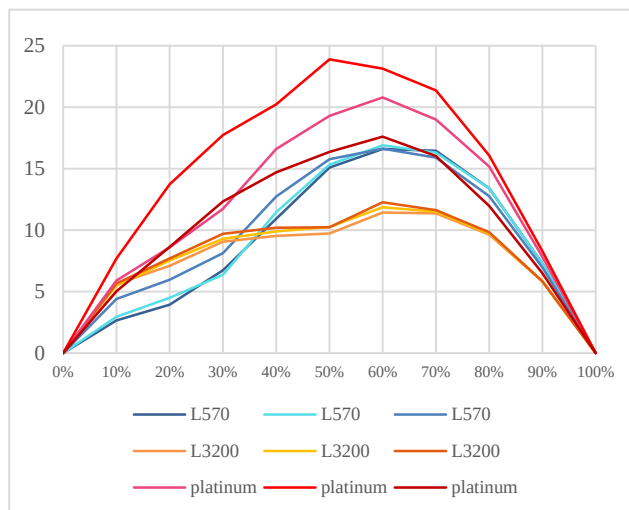


График 2. Упоредни приказ пораста тонских вредности за цијан боју

На упоредним приказима пораста тонских вредности за цијан и магента боје (графици 2 и 3), може се приметити да је највећи пораст на машини *Platinum Q3* као и највеће варирање међу резултатима. *HP*

Latex машине су имале ниже порасте са мањим варијацијама. Минималне вредности су на *Latex 3200* машини. Исто важи и за жуту и црну боју на графицима 4 и 5.

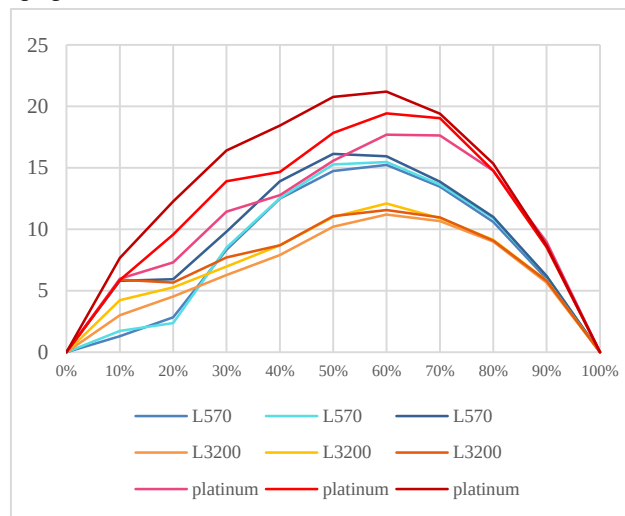


График 3. Упоредни приказ пораста тонских вредности за магента боју

Као и у претходним случајевима цијана и магенте, жута и црна боја имају највеће порасте на *Platinum* машини. Изглед крива на графику за црну боју је сличан као и код прве две боје, док се жута разликује јер су ту измерене приближније вредности пораста тако да се криве међусобно преклапају. Максималне вредности су измерене на машини *Platinum*, с тим да постоји разлика у пољу. На жутим тоновима (график 4) је максималан пораст на пољу од 60% покривености, а код црне на пољу од 50%. Највећа варирања јављају се на *Platinum* машини, а самим тим је ту и најнижи степен поновљивости штампе. На графику 5, за црну боју, види се одлична поновљивост пораста тонских вредности *Latex* машина. Заједничко за све криве је да максимуме пораста имају на пољима средње тонске покривености, 50-60%, као и да су ниже вредности добијене на пољима ниске и високе покривености.

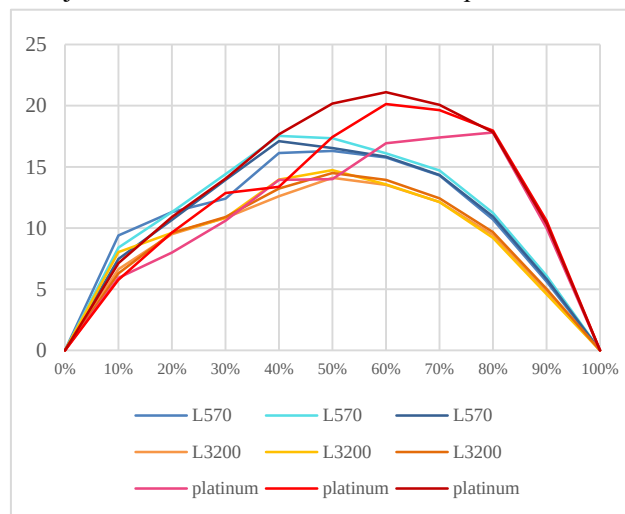


График 4. Упоредни приказ пораста тонских вредности за жута боју

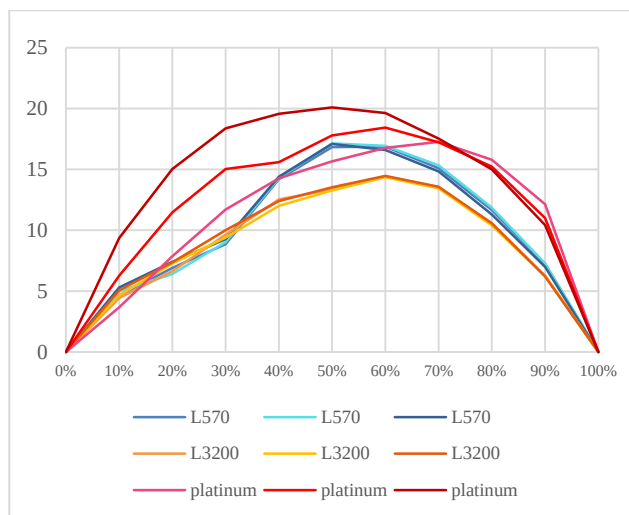


График 5. Упоредни приказ пораста тонских вредности за црну боју

3.2. Резултати мерења разлике у боји

Као што је већ речено, током анализе квалитета мерене су и CIE Lab вредности и на основу добијених координата израчуната је разлика у боји према формули ΔE_{2000} . Поређени су редом: 1. и 2. отисак (0h и +1h), 2. и 3. отисак (+1h и +24h) и 1. и 3. узорак (0h и +24h). У наредним табелама представљени су добијени резултати за сваку процесну боју посебно.

Табела 1. Разлике између пуних тонова цијан боје

ЦИЈАН	Latex 570	Latex 3200	Platinum Q3
0h /+1h	0.24	0.17	1.02
+1h /+24h	0.95	0.29	0.98
0h /+24h	0.73	0.13	2.00

Као што се може видети из табеле 1 најмања вредност разлике за цијан боју добијена је на машини *Latex 3200*, при поређењу отисака штампаних у стартном времену и након 24 часа. Највећа разлика добијена је поређењем првог и трећег узорака са *Platinum* машине и она се налази на граници између веома мале и средње, видљиве разлике.

Табела 2. Разлике између пуних тонова магента боје

МАГЕНТА	Latex 570	Latex 3200	Platinum Q3
0h /+1h	0.24	0.29	1.81
+1h /+24h	0.41	0.06	0.75
0h /+24h	0.48	0.29	2.56

Из табеле 2 види се да је максимална вредност разлике магента боје на *Platinum* машини и она се карактерише као средња разлика, односно она коју може да уочи и мање увежбан посматрач. Минимална вредност разлике магента је уједно и најмања добијена разлика током целокупног мерења и износи 0.06 што значи да су други и трећи узорак *Latex 3200* машине готово идентични.

Разлике црне боје представљене су у табели 4. Вредности варирају, с тим да на *Latex* машинама оне не прелазе 1 и карактеришу се као не приметне. С

друге стране, на *Platinum* машини је измерена и највећа разлика током читавог мерења која се дефинише као средња, видљива разлика.

Табела 3. Разлике између пуних тонова жуте боје

ЖУТА	Latex 570	Latex 3200	Platinum Q3
0h /+1h	0.33	0.63	0.43
+1h /+24h	0.57	0.48	0.38
0h /+24h	0.86	0.15	0.75

Све добијене разлике у жутој боји, приказане у табели 3, мање су од 1 што указује на веома добру поновљивост штампе конкретно жуте боје. Свакако, најмања вредност је добијена на *Latex 3200*, а највећа на *Latex 570*.

Табела 4. Разлике између пуних тонова црне боје

ЦРНА	Latex 570	Latex 3200	Platinum Q3
0h /+1h	0.16	0.12	1.38
+1h /+24h	0.51	0.45	1.57
0h /+24h	0.65	0.42	2.71

3.3. Спектрална рефлексија

Боја апсорбује светлост неке таласне дужине и на основу тих података се формира спектрална крива. Рефлектовано светло са површине се изражава у вредностима од 0 до 1 (или од 0 до 100 %) [2].

Мерење је вршено на процесним бојама. На графицима 6, 7 и 8 представљене су спектралне криве магента на три машине.

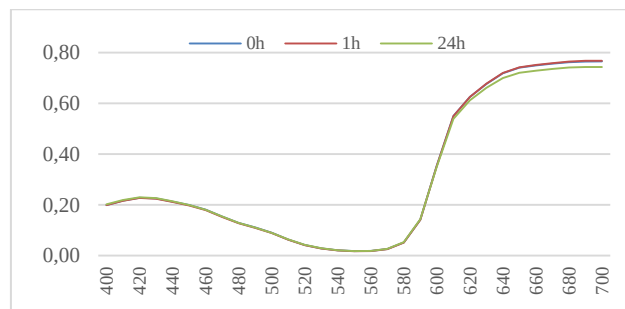


График 6. Крива спектралне рефлексије магента боје добијене на машини Latex 570

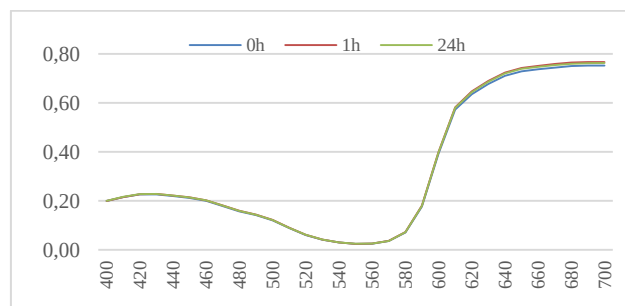


График 7. Крива спектралне рефлексије магента боје добијене на машини Latex 3200

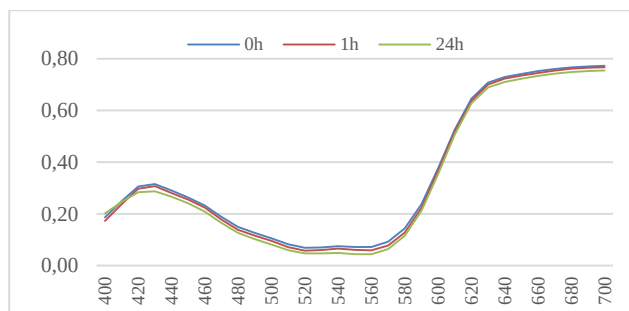


График 8. Крива спектралне рефлексије магента боје добијене на машини Platinum

На графицима 6 и 7 може се видети да *Latex* машине имају готово идентичне резултате, са мањим разликама у варијацијама на већим таласним дужинама, односно на местима максимума тј. црвеног дела спектра. У оба случаја максималне вредности су измерене на +1h отиску. Краткорочна поновљивост је веома добра.

Крива са *Platinum* машине (график 8) има благо другачији облик и веће варијације. Карактеристична магента крива бележи раст на дужинама из плавог дела спектра, а затим пад ка таласним дужинама жутог дела спектра и након тога значајнији раст на црвеним деловима. У плавом делу спектра, *Platinum* систем има нешто веће вредности од *Latexa* што је показано и CIE Lab координатама јер су добијене ниже вредности b^* координате што указује на нешто плављи, хладнији тон магента боје на *Platinum* машини.

3.4. Резултати мерења белине и жутоће

У оквиру експерименталног дела рада, мерена су оптичка својства подлоге, односно белина и жутоћа. Сви тестирани узорци су штампани на истој подлози, самолепљивој PVC фолији. Индекси белине и жутоће су мерени на једном отиску тако што је изабрано 10 насумичних поља на површини која није штампана.

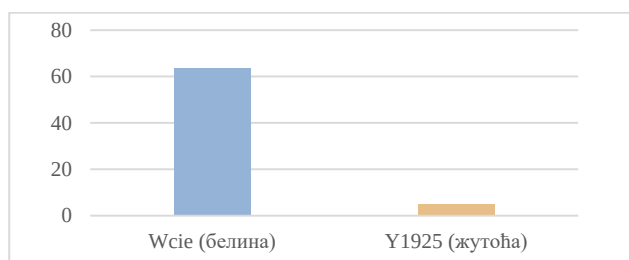


График 9. Индекси белине и жутоће PVC фолије

Добијене средње вредности представљене су на графику 9. Вредност белине није испод крајње границе 40, али је испод 100 што говори да је подлога жућкасто-бела. Када је реч о индексу жутоће, у овом случају он има позитивну вредност и стога се узорак може окарактерисати као жући. Овај резултат може да указује на старење узорка, односно на деградитивне промене које су последица излагања директном или индиректном сунчевом зрачењу тј. светлу.

4. ЗАКЉУЧАК

Циљ рада био је испитати краткорочну поновљивост штампе три различите машине, односно упоредити отиске штампане у различитим временским интервалима. На основу измерених параметара је могуће упоредити квалитете штампе, односно краткорочне поновљивости три испитана штампарска система. У контексту репродукције боја, машина *Latex 3200* се показала као најбоља са високом поновљивошћу штампе јер су овде забележене најмање варијације у резултатима мерења. Блиске резултате је имала и друга *Latex* машина, али са нешто вишим вредностима. Највеће варијације су се јавиле у штампани *Platinum* машине и самим тим и најмања поновљивост штампе. Сам процес штампе *Platinum* машине могуће је унапредити кроз корекцију наноса боја и уравнотежење њиховог међусобног односа.

Изузетно је важно контролисати цео процес штампе како би се обезбедио квалитетан и конзистентан отисак кроз време. Варијација квалитета одштампаних отисака у току времена је неизбежна. Како није могуће избећи промене у квалитету отисака, потребно је уз помоћ мерних инструмената и анализе добијених резултата одредити које су промене највеће и најчешће, као и да ли и у којој мери угрожавају квалитет штампе како би могле да се коригују.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Новаковић, Д., Кашиковић, Н. (2013) - Дигитална штампа, Фтн издаваштво. Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду
- [2] Кашиковић, Н. (2014) - Развој модела праћења процесних параметара штампе текстилних материјала, Докторска дисертација. Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду [Online] Доступно на: https://www.grid.uns.ac.rs/data/biblioteka/disertacije/nemanja_kasikovic_disertacija.pdf (Приступљено: 23.05.2023.)

Кратка биографија:



Марија Икић рођена је у Сремској Митровици 1996. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Графичког инжењерства и дизајна одбранила је 2023. год.

контакт: marijaikic.24@gmail.com

UPOTREBA FOTO MANIPULACIJE RADI PRIKAZA I PRENOSA IZREKA I CITATA USE OF PHOTO MANIPULATION TO DISPLAY AND CONVEY SAYINGS AND QUOTES

Slavica Milikić, Ivana Jurić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – U radu je prikazan proces obrade i manipulacije fotografija sa ciljem analize fotografija na kojima je vršena obrada. Kroz teorijske osnove obuhvaćena je istorija fotomanipulacije, njeni predstavnici, računarski programi i formati koji su pogodni za obavljanje radnje. U praktičnom delu obuhvaćen je prikaz radnog toka, uz opis potrebnih alata u programu Photoshop. Nakon toga prikazan je rezultat ankete, donošenje zaključka i pružanje rešenja.

Ključne reči: Foto manipulacija, digitalna fotografija, obrada slike, životinje, voće, povrće, izreke, citati

Abstract – The paper shows the process of photo processing and manipulation with the aim of analysing the photos that were processed. The theoretical foundations cover the history of photo manipulation, its representatives, computer programs and formats that are suitable for performing the action. The practical part includes a presentation of the workflow, along with a description of the necessary tools in the Photoshop program. After that, the result of the survey, drawing a conclusion and providing a solution were presented.

Keywords: Photo manipulation, digital photography, image processing, animals, fruits, vegetables, sayings, quotes

1. UVOD

Foto manipulacija je primena tehnika obrade na fotografijama sa ciljem stvaranja iluzije ili obmane kod posmatrača.

Kombinovanjem određenih elemenata dobija se unikatna fotografija, koja može biti realistična i ubedljiva. Takve fotografije skreću pažnju sa običnog posmatranja sveta koji nas okružuje [1]. Foto manipulacija obuhvata značajnije promene na fotografiji kao što su menjanje samog izgleda i strukture fotografija [2].

Treba spomenuti dva tipa foto manipulacije, a to su tehnička i kreativna foto manipulacija. Tehnička foto manipulacija obuhvata tehničke promene na fotografijama, dok kreativna foto manipulacija vizuelno i kreativno menja fotografija kako bi fotografija bila zanimljiva. Ona se često izrađuje iz više slojeva (engl. Layers) tj. od više fotografija ili manjih delova.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila doc. dr Ivana Jurić.

2. METOD IZVOĐENJA EKSPERIMENTA

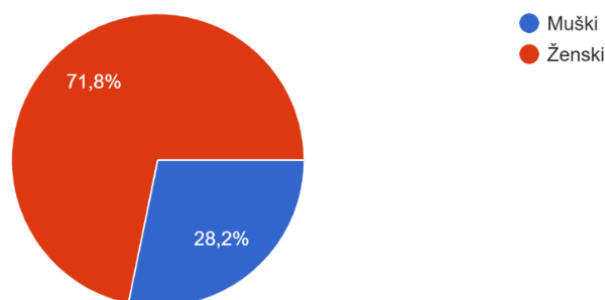
Eksperiment je započet formiranjem anketnih pitanja. U okviru ankete učestvovalo je 124 anketnih ispitanika koji žive na teritoriji Srbije.

Kroz tri celine (opšta pitanja, fotografije i izreke) koje broje 33 pitanja, sumirani su anketni rezultati.

2.1. Opšta pitanja

Kroz opšta pitanja, koja obuhvataju devet pitanja, dobijeni su sledeći rezultati.

Na slici 1. prikazan je grafik raspodele muških i ženskih ispitanika. Od kojih je 89 (71,8%) ženskih ispitanika koje su popunile upitnik, dok je muških ispitanika bilo 35 (28,2%).

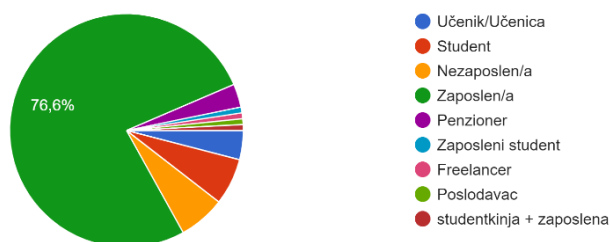


Slika 1. Grafik raspodele muških i ženskih ispitanika

Na pitanje *Kojoj starosnoj grupi pripadate?* rezultati su pokazali da najveći broj ispitanika broji 63 osobe (50,8%) koje pripadaju populaciji od 20 do 29 godina starosti. Nakon njih se nalazi starosna grupa između 30-39 godina koju broji 41 ispitanik (33,1%).

Pet ispitanika (4%) pripada populaciji manjoj od 19 godina starosti. Starosnu grupu od 40 do 49 godina čini osam ispitanika (6,5%), dok sedam ispitanika (5,6%) pripada starosnoj grupi iznad 50 godina.

Na slici 2. prikazan je grafik raspodele ispitanika prema trenutnom statusu.

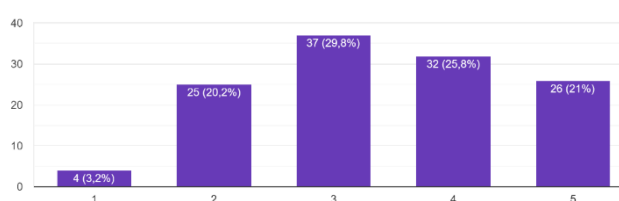


Slika 2. Grafik raspodele ispitanika prema trenutnom statusu

Zaposleno je 95 (76,6%) ispitanika. Isti procenat i broj ispitanika imaju oni sa statusom nezaposlen i student, što ih ukupno čini 16 (13%). Pet ispitanika (4%) sa statusom učenika/učenica i četiri ispitanika (3,2%) sa statusom penzionera. Dok ostali čine ukupno čine 3,2%.

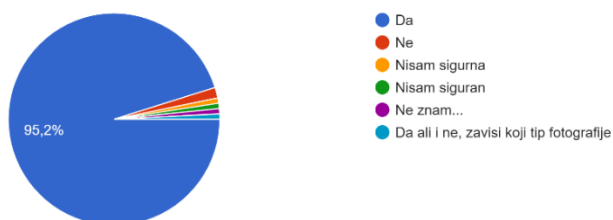
S obzirom na to, da ukupan broj anketiranih ispitanika iznosi 124, na pitanje *Ako ste student, koji fakultet pohađate?* rezultati pokazuju da samo šesnaest ispitanika dolazi sa Fakulteta tehničkih nauka iz Novog Sada. Manji broj ispitanika pripada Političkom, Filozofskom i Ekonomskom fakultetu. Preostalih 108 ispitanika se nisu izjasnili.

Slika 3. prikazuje rezultat za raspodelu ispitanika prema interesovanju za umetnost/dizajn. Od ponuđenih brojeva koji se kreću od skale 1 (najmanje) do 5 (najviše) i mere stepen zainteresovanosti, najveći procenat ispitanika 29,8% je ocenila svoju zainteresovanost za umetnost/-dizajn sa brojem tri, 25,8% sa četiri, 21% sa 5, 20,2% sa 2 i 3,2% sa 1.



Slika 3. Grafik rezultata za raspodelu ispitanika prema interesovanju za umetnost/dizajn

Na pitanje *Da li ste čuli za pojam foto manipulacija?* 46% je odgovorilo sa DA, 54% je odgovorilo sa NE. Dok se na osnovu rezultata za pitanje *Foto manipulacija je?* može zaključiti da je mali broj ispitanika koji nisu upoznati sa pojmom foto manipulacije. Što je ujedno prednost, jer se time dobijaju bolji rezultati na kraju ankete.



Slika 4. Grafik rezultata za raspodelu ispitanika prema tome da li smatraju da fotografija treba da komunicira sa javnošću

Slika 4. prikazuje grafik rezultata koji se odnosi na pitanje *Da li smatrate da fotografija treba da komunicira sa javnošću?*; 95,2% anketnih ispitanika je na ovo pitanje odgovorilo sa DA, dok se 4,8% ispitanika izjasnilo sa ne, nisam siguran i ne znam.

2.2. Fotografije

U drugoj celini, ispitanicima su u anketi ponuđene fotografije na kojima je vršena foto manipulacija i za koje treba da iznesu svoje mišljenje.

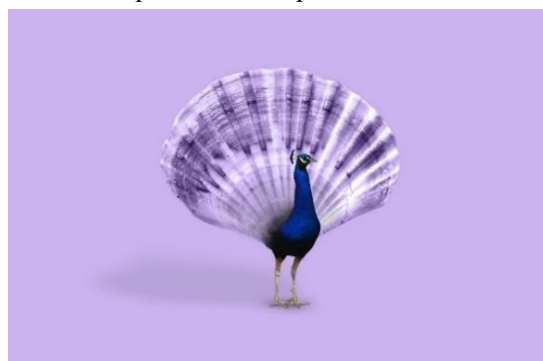
Pitanje za deset fotografija bilo je isto i glasilo je: *Da li prepoznajete koji elementi su korišćeni pri fotomanipulaciji ove fotografije?*. Na osnovu anketnih rezultata sledi ispis i objašnjenje kako su se ispitanici izjasnili.

Većina anketnih ispitanika napisalo je da na slici 5. prepoznaju kornjaču i ljusku oraha i time dali tačan odgovor. Dok je manji broj naveo da umesto kornjače prepoznaju žabu.



Slika 5. Prikaz slike koja je korišćena u anketi, Kornjača i orah

Većina ispitanika je napisalo da na slici 6. prepoznaju pauna i školjku. Ostali ispitanici ili su samo jedno naveli ili nisu mogli da prepoznaju šta je na slici. Međutim, većina je prepoznala pauna, dok su za školjku određeni naveli kupus, fazan, crveni kupus i šećerna repa.



Slika 6. Prikaz slike koja je korišćena u anketi, Paun i školjka

Samo jedan ispitanik je odgovorio tačno navodeći da se na slici 7. nalazi pink guava i svinja. Dok je većina anketnih ispitanika napisala da na slici prepoznaju svinju i krušku, verovatno jer oblik pink guave podseća na krušku. Ostali ispitanici naveli su da umesto pink guave prepoznaju smokvu, dinju, lubenicu, avokado, grejpfrut, mango, bundevu i jabuku.



Slika 7. Prikaz slike koja je korišćena u anketi, Pink guava i svinja

Na slici 8. prikazani su zmija i banana, tako da je većina anketnih ispitanika odgovorila tačno. Nekoliko ispitanika znalo je samo jedno da nevede ili nisu mogli da prepoznaju šta je na slici. Međutim, većina je prepoznala šta se nalazi na slici.



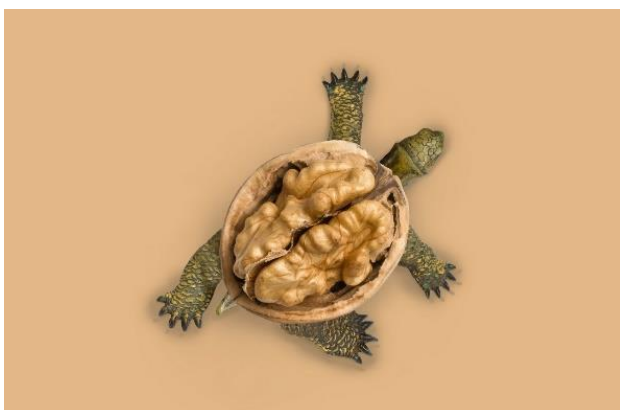
Slika 8. Prikaz slike koja je korišćena u anketi, Zmija i banana

Sedam anketnih ispitanika pogodilo je da se na slici 9. nalaze morska zvezda i karambola. Neki su naveli morską zvezdu, dok je nekoliko njih navelo da umesto karambole vide smokvu, kukuruz, kivi, algu, papriku, itd. Ova slika je ubedljivo bila najteža ispitanicima za procenu.



Slika 9. Prikaz slike koja je korišćena u anketi, Morska zvezda i karambola

Veliki broj anketnih ispitanika na pitanje da li uočavaju grešku na slici 10. odgovarali su da je ne prepoznaju. Dok se samo devet ispitanika izjasnilo da je greška u senci. Senka je prenaplašena i nerealno prikazana na slici 10. Ispitanici koji su napisali da je greška u tome dali su tačan odgovor.



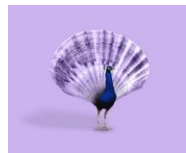
Slika 10. Prikaz foto manipulacije sa greškom

2.3. Izreke

U nastavku ankete, ispitanici dolaze do treće celine gde treba da prepoznaju koja izreka odgovara određenoj fotografiji. Na osnovu rezultata sledi ispis i objašnjenje kako su se ispitanici izjasnili.

2.3.1. Ako želiš jezgro, slomi ljusku

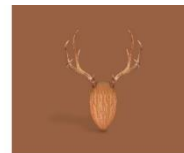
Ponućena izreka odnosi se na fotografiju 2 i 97 anketnih ispitanika je izabralo baš nju. Fotografiju 1 niko nije odabrao od ispitanika, dok je 13 ispitanika odabralo fotografiju broj 3. Manji broj ispitanika (13) je smatrao da nijedna fotografija ne pripada ponućenoj izreci ili nisu znali koja se odnosi na datu izreku.



Fotografija 1



Fotografija 2



Fotografija 3

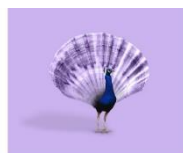
Slika 11. Prikaz slike koja je korišćena u anketi za izreku „Ako želiš jezgro, slomi ljusku.“

2.3.2. Mir dolazi iznutra. Ne traži ga van.

Tačan odgovor dalo je 78 anketnih ispitanika koji su izabrali fotografiju 1. 13 ispitanika je odabralo fotografiju broj 2, dok je fotografiju 1 odabralo 4 ispitanika. Ukupno 29 ispitanika ili su smatrali da nijedna fotografija ne pripada ponućenoj izreci ili su se izjasnili da ne znaju koja fotografija se odnosi na izreku.



Fotografija 1



Fotografija 2



Fotografija 3

Slika 12. Prikaz slike koja je korišćena u anketi za izreku „Mir dolazi iznutra. Ne traži ga van.“

2.3.3. Oni su se smejali meni što sam drugačiji, a ja sam se smejaao njima što su svi isti

Ponućena izreka odnosi se na fotografiju 1. 97 ispitanika je tačno odgovorilo. Pet ispitanika je odabralo fotografiju broj 2, dok su četiri ispitanika odabrala fotografiju 1. Određen broj ispitanika (ukupno 18) su se izjasnili da ne znaju koja fotografija se odnosi na ponućenu izreku ili smatraju da nijedna fotografija ne pripada ponućenoj izreci.



Fotografija 1



Fotografija 2



Fotografija 3

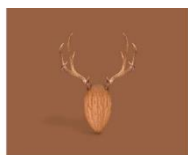
Slika 13 Prikaz slike koja je korišćena u anketi za izreku „Oni su se smejali meni što sam drugačiji, a ja sam se smejaao njima što su svi isti.“

2.3.4. Niko nikome ne može natovariti toliko muke na vrat koliko čovek sam sebi

Tačan odgovor je dalo 63 ispitanika koji su izabrali fotografiju 3. Osam ispitanika je odabralo fotografiju broj 2, dok je 28 ispitanika odabralo fotografiju 1. Kao i kod prethodnih pitanja, i kod ovog nailazimo na određen broj ispitanika (ukupno 25) koji su smatrali da nijedna fotografija ne pripada ponućenoj izreci ili nisu znali koja se odnosi na datu izreku.



Fotografija 1



Fotografija 2



Fotografija 3

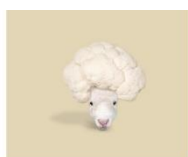
Slika 14. Prikaz slike koja je korišćena u anketi za izreku „Niko nikome ne može natovariti toliko muke na vrat koliko čovek sam sebi.“

2.3.5. Dok je ovaca biće i vune

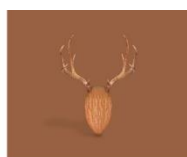
122 anketnih ispitanika izabralo je fotografiju 2, što je ujedno i tačan odgovor. Jedan ispitanik je izabrao fotografiju 3, dok drugi ispitanik smatra da nijedna od ponuđenih slika ne odgovara izreci.



Fotografija 1



Fotografija 2

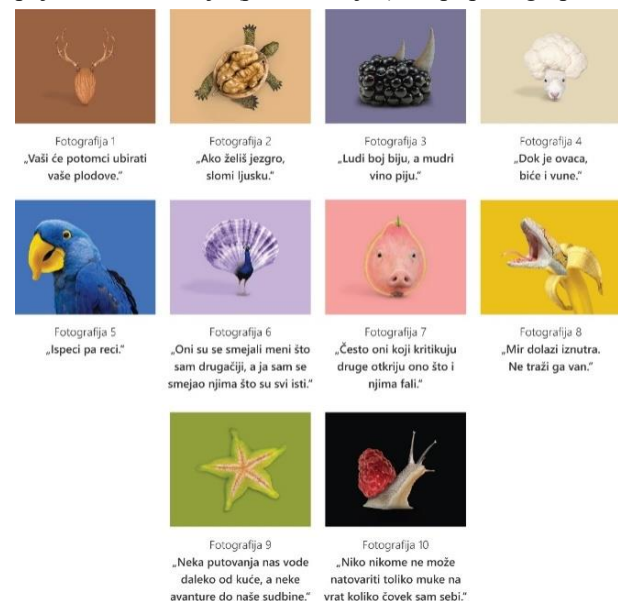


Fotografija 3

Slika 15. Prikaz slike koja je korišćena u anketi za izreku „Dok je ovaca, biće i vune.“

2.3.6. Prikaz svih fotografija u anketi

Na pitanje *Na osnovu sadržaja prikazanih fotografija i elemenata koji su korišćeni pri foto manipulaciji, šta mislite, koja fotografija ne pripada ovoj grupi?* anketni ispitanici nisu mogli da prepoznaju da fotografija 6, na kojoj su spojene dve životinje (paun i školjka), ne pripada grupi.



Slika 16. Prikaz slike koja je korišćena u anketi

3. ZAKLJUČAK

Kroz određene citate i izreke, koje imaju snažnu poruku koja se prenosi drugima, izvršena je foto manipulacija fotografija voća/povrća i životinja. Sve u cilju podsticanja svesti kod umetnika i posmatrača, da se kroz jednostavan i zanimljiv prikaz mogu preneti snažne poruke.

Dobijeni rezultati anketnih ispitanika su izuzetno važan pokazatelj u ovom istraživanju. Relevantnosti ovih mišljenja bi doprineo veći odziv ispitanika na anketu. Zato treba motivisati anketne ispitanike da učestvuju aktivnije u popunjavanju anketa, time što će se pokazati da se njihova mišljenja vrednuju i uzimaju u obzir, kao i to da kroz ankete mogu nešto novo saznati.

Rezultati pokazuju, da je većina ispitanika znala da prepozna koji elementi su korišćeni pri foto manipulaciji kao i poruke koje slike nose. Što je pokazatelj da se kroz jednostavan prikaz može preneti snažna poruka koja će biti razumljiva posmatračima.

Međutim, tehničke greške koje su krucijalne za svaku foto manipulaciju, veliki broj ispitanika nije mogao da prepozna. Iako su kroz anketu postavljena svega dva pitanja koja se odnose na njih, nažalost, jako mali broj ispitanika su dali tačan odgovor.

I pored niza anketnih pitanja na osnovu kojih su ispitanici mogli da pretpostave o čemu je reč u anketi, na jednostavno poslednje pitanje koje se odnosi na sliku koja ne pripada grupi, mnogi ispitanici nisu dali tačan odgovor.

Iako su samostalno izdvojili vreme da se skoncentrišu i popune anketu, anketni ispitanici nisu bili dovoljno koncentrisani ili nisu pažljivo čitali pitanja.

Time se dolazi do zaključka, da kroz anketu nije bio samo akcenat na foto manipulaciji, već i na opažanju i zaključivanju anketnih ispitanika.

Interesantno je i to, da je određen broj ispitanika zapamtio i ispisalo citat, a ne broj fotografije, iz čega se još zaključuje da im se određena fotografija zaista dopala i da je na njih ostavila snažan utisak.

4. LITERATURA

[1] <https://www.britannica.com/topic/photomontage> [Pristupljeno 11.12.2022.]

[2] <https://rarehistoricalphotos.com/history-photo-manipulation-1850-1950/> [Pristupljeno 20.12.2022.]

Kratka biografija:



Slavica Milikić rođena u Prijepolju 1996. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Digitalna fotografija – Upotreba foto manipulacije radi prikaza i prenosa izreka i citata odbranila je 2023. godine. kontakt: slavicamilikic@gmail.com



doc. dr Ivana Jurič, rođena je u Kikindi 1987. godine. Doktorske studije je završila na Fakultetu tehničkih nauka 2018. god., a od iste godine je u zvanju docent. Oblast interesovanja je kontrola kvaliteta digitalne fotografije, digitalna štampa. kontakt: rilovska@uns.ac.rs

**ANALIZA I POREĐENJE RAZLIČITIH TEHNIKA KOREKCIJE LICA
NA FOTOGRAFIJAMA****ANALYSIS AND COMPARISON OF DIFFERENT FACIAL CORRECTION
TECHNIQUES IN PHOTOGRAPHS**

Milica Obradović, Ivana Jurič, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – U radu je vršeno opisivanje mogućnosti obrade lica na fotografijama uz pomoć veštačke inteligencije, odnosno različitih filtera u softveru LuminarNeo i aplikaciji na telefonu Picsart. Obrade u ovim softverima su zatim poređene sa klasičnom ručnom obradom u softveru Photoshop. Vršena je subjektivna analiza kvaliteta ovih obrada.

Ključne reči: *Obrada fotografija, veštačka inteligencija, LuminarNeo, digitalna fotografija, PicsArt, Photoshop*

Abstract – The work involved describing the possibilities of face processing on photographs using artificial intelligence, specifically through various filters in the LuminarNeo software and the Picsart application on mobile phone. These editing processes were then compared to traditional manual editing in the Photoshop software. Subjective analyses of the quality of these edits were performed.

Keywords: *Image editing, artificial intelligence, LuminarNeo, digital photography, Picsart, Photoshop*

1. UVOD

Danas, kao i u svakoj drugoj oblasti, i u obradi fotografije uključena je veštačka inteligencija (AI). Možda i najveću primenu ima upravo u ovoj oblasti. Neke od AI funkcija koje se danas koriste u softveru Photoshop su *Neural Filters*, *Sky Replacement*, *Refine Edge Selections* kao i mnoge druge nove funkcije [1]. Disciplina koja se najviše menja uz pomoć veštačke inteligencije i mašinskog učenja jeste fotografija, pružajući fotografima svih nivoa sposobnost da brzo i efikasno stvaraju bolje fotografije i kompozicije [2]. Cilj rada bio je istražiti koliko su napredovali različiti softveri i aplikacije koje koriste filtere na bazi veštačke inteligencije (AI filtere), na primeru obrade portreta.

2. METOD IZVOĐENJA EKSPERIMENTA

Odabrano je 3 fotografija na kojima se nalaze portreti. Portreti su birani tako da imaju različite zahteve za obradu, odnosno da imaju različite nepravilnosti na koži, različitu boju kože i slično (slika 1.).

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Ivana Jurič, docent.

Takođe, na trećoj fotografiji nalaze se dva lica, kako bismo ispitali na koji način AI filteri prepoznaju dve osobe na fotografiji i kako to utiče na obradu. Sve fotografije su obrađene u aplikaciji na telefonu i softveru koji koristi AI filtere. Vršene su korekcije kao što je retuširanje lica, promena oblika lica i delova na licu, korekcija očiju i usana. Sve ove obrade su zatim rađene u programu Photoshop samo na standardan način, odnosno ručnom obradom. Ručna obrada pruža mogućnost da se pažnja obrati na detalje. Da li je ta prednost vidljiva u krajnjem rezultatu, odnosno u poređenju fotografija ispitano je pomoću ankete. U anketi je za svaki primer prvo predstavljena originalna fotografija, bez obrade, zatim su nasumično ređane fotografije obrađene u pomenutim programima. Ispitanici su birali koja od ponuđene tri obrade im se najviše dopada.

2.1. Korišćene fotografije

Na slici 1. su prikazane izabrane fotografije za testiranje. Na prve dve fotografije se nalazi jedna osoba, dok je kod treće izabran portret sa dva lica.



Slika 1. Primer neobrađenih fotografija

2.2. Obrada u programima

U programima pomoću softverskih AI filtera, na fotografijama je vršena korekcija kože lica u vidu uklanjanja različitih nepravilnosti. Veličina i oblik lica su promenjeni. Korigovane su oči i područje oko očiju, uklonjeni su podočnjaci i tamne fleke. Očima je povećan sjaj i svetlina čime su dodatno naglašene. Takođe,

izvršena je i korekcija usana u vidu boje. Sve ove promene rađene su i standardnim alatima - ručno, u programu *Photoshop*. AI filteri u softverima i aplikacijama za obradu lica i portreta koriste različite tehnike i algoritme kako bi prepoznali i obradili lica na fotografijama. Kada se na fotografiji nalaze dve osobe, AI filteri obično primenjuju korake kao što su: detekcija, segmentacija i analiza karakteristika lica, nakon čega se filter primenjuje.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Anketa se sastoji od 13 pitanja, od kojih su tri opšta kako bismo imali uvid u strukturu ispitanika. Drugi deo, od 10 pitanja baziran je na fotografijama i pitanjima vezanim za korišćenje filtera za uređivanje fotografija.

Drugi deo ankete čine fotografije poređane tako da je za svaki primer prva fotografija originalna, odnosno nije obrađena a ostale tri obrade su nasumično postavljene. Ispitanici su mogli da izaberu neku od tri fotografije za koju misle da je najbolje obrađena, takođe imali su opciju „Ne sviđa mi se ni jedna“ i „Ne mogu da se odlučim“.

Na grafiku 1. prikazani su rezultati pola ispitanika koji su učestvovali u anketi.

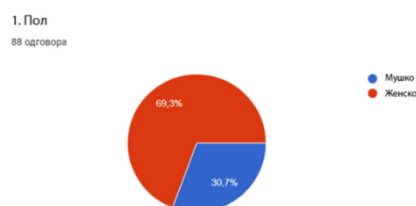


График 1. Резултати пола испитаника који су учествовали у анкети

Na grafiku 2. prikazani su rezultati starosne grupe kojoj ispitanici pripadaju.

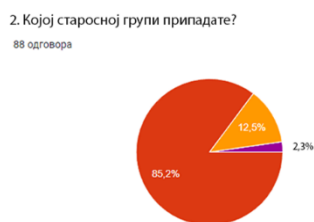


График 2. Резултати старосне групе којој испитаници припадају

Na grafiku 3. prikazani su rezultati trenutnog poslovnog ili obrazovnog statusa ispitanika.

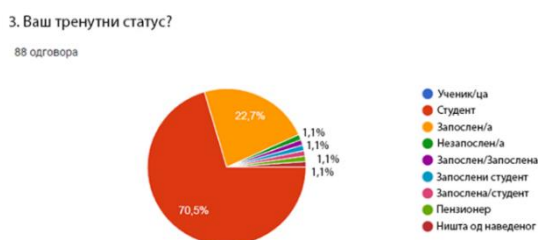


График 3. Резултати тренутног пословног или образовног статуса испитаника

Na grafiku 4. prikazani su rezultati koliko je ispitanika koristilo neku aplikaciju ili softver za obradu fotografija.

4. Да ли сте некада користили неки програм/апликацију за обраду фотографија?
88 одговора

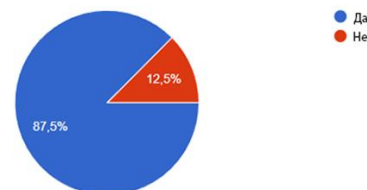


График 4. Резултати колико је испитаника користило неку апликацију или софтвер за обраду фотографија

Na grafiku 5. prikazani su rezultati koje softvere su ispitanici najčešće koristili u obradi fotografija.

5. Уколико је одговор на претходно питање да, наведите који програм/апликацију сте користили.

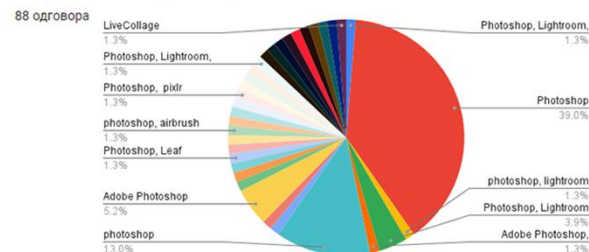


График 5. Одговор испитаника на питање које софтере су најчешће користили у обради фотографија

Na grafiku 6. prikazani su rezultati koliko je procenata ispitanika nekada radilo obradu lica na fotografijama.

6. Да ли сте некада радили обраду портрета (лица)?

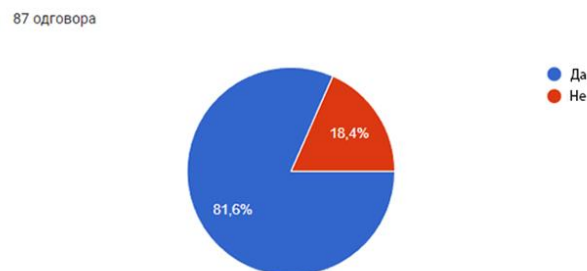
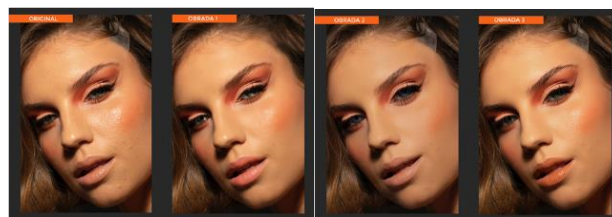


График 6. Одговор испитаника на питање да ли некада радили обраду портрета (лица)

Na slici 2. prikazane su obrade u softverima i aplikaciji od kojih su ispitanici birali jednu koja im se najviše dopada.

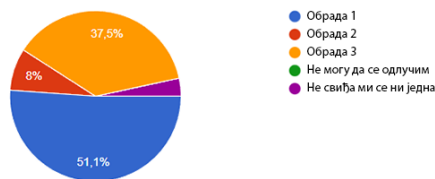


Слика 2. Приказ различитих обрада за фотографију 1

Na grafiku 8. prikazano je za koju od prethodnih obrada su se ispitanici opredelili.

Koja od prethodnih obrada Vam se najviše dopada?

88 odgovora



Grafik 8. Rezultati ispitanika za obradu fotografije 1

Na slici 3. prikazane su obrade u softverima i aplikaciji od kojih su ispitanici birali jednu koja im se najviše dopada.

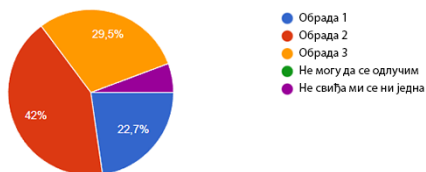


Slika 3. Prikaz različitih obrada za fotografiju 2

Na Grafiku 9. prikazano je za koju od prethodnih obrada su se ispitanici opredelili.

Koja od prethodnih obrada Vam se najviše dopada?

88 odgovora



Grafik 9. Rezultati ispitanika za obradu fotografije 2

Na slici 4. prikazane su obrade u softverima i aplikaciji od kojih su ispitanici birali jednu koja im se najviše dopada.



Slika 4. Prikaz različitih obrada za fotografiju 3

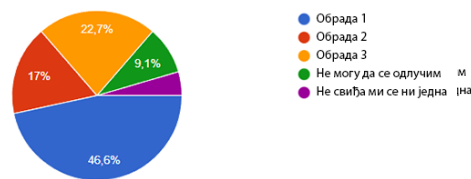
Na grafiku 10. prikazano je za koju od prethodnih obrada su se ispitanici opredelili.

4. ANALIZA REZULTATA ANKETE

Iz analize ankete možemo zaključiti da je za svaku fotografiju najviše ispitanika glasalo za obradu rađenu u programu *Photoshop*. Na drugom mestu je program *LuminarNeo*, dok je najmanji broj ispitanika izabrao obradu rađenu aplikacijom na telefonu *Picsart*.

Koja od prethodnih obrada Vam se najviše dopada?

88 odgovora



Grafik 10. Rezultati ispitanika za obradu fotografije 2

Naime, taj rezultat je vrlo očekivan iz razloga što obrada fotografija pomoću raznih aplikacija na telefonu ima različit uticaj na kvalitet fotografije. Kvalitet će naravno zavisi od načina obrade kao i aplikacije u kojoj se ona vrši. Određene aplikacije za obradu fotografija na telefonu koriste algoritme za kompresiju slike što dovodi do gubitka u kvalitetu. Najčešće je to gubitak detalja pa čak i pojava šuma. Obrada u *LuminarNeo* programu ima veoma slične, intuitivne alate koji se koriste kod aplikacija na telefonu. Međutim, obrada u ova dva napomenuta slučaja se razlikuje. Fotografije obrađene u softveru *LuminarNeo* ne gube na kvalitetu, iz programa izlaze bez kompresije. *LuminarNeo* koristi *Non-destructive editing* tehnologiju, što znači da sve promene koje vršimo na fotografiji ne utiču na original već se čuvaju u datoteku posebno stvorenu za njih. Takođe *LuminarNeo* koristi mnogo naprednije AI filtere od onih koji se koriste u aplikaciji *Picsart*.

Obrada u programu *Photoshop* vršena je „ručno“ odnosno bez korišćenja bilo kakvih AI filtera, što znači da je pažnja mogla da se obrati na mnogo više detalja i da se korekcije doziraju tako da fotografije ne izgube prirodan izgled. Iz tog razloga ne čudi da se najviše ispitanika odlučilo baš za tu obradu. Ono što još može da se primeti iz ankete jeste da je za sve fotografije *Photoshop* obrada na prvom, a *LuminarNeo* na drugom mestu sa ne toliko značajnom razlikom. AI filteri za obradu fotografija su mnogo napredovali i veoma brzo mogu da se vrše osnovne korekcije na fotografijama i da one izgledaju veoma dobro. Međutim ovi filteri ne mogu da zamene ručnu obradu fotografija u pogledu kreativnosti i sagledavanja detalja s toga je *Photoshop* obrada sa razlogom izglasana kao najbolja.

5. ZAKLJUČAK

Kroz rad na obradi fotografija uz pomoć aplikacije i softvera na bazi AI i obradi fotografije na konvencionalan način mogu da zaključim da oba načina imaju svoje prednosti i mane. Prednost AI tehnologije u ovoj oblasti jeste to što mnogo ubrzava određene manipulacije na fotografijama koje se često koriste. Tako da ukoliko imamo mnogo fotografija koje treba da obradimo, a koje ne zahtevaju posebnu korekciju, možemo da iskoristimo prednosti AI i vrlo brzo uz par klikova retuširamo lice, podesimo boje, kontrast i slično.

Ukoliko nam je potreban visok kvalitet obrade, u tom slučaju konvencionalan način je nezamenjiv. Velika prednost „ručne“ obrade fotografija je taj što ljudsko oko može mnogo više da se posveti detaljima i obradi ih na

način da oni izgledaju što prirodnije, što je za AI obradu još mnogo daleko.

AI filteri koje koristi softver *LuminarNeo* su se pokazali daleko bolje. Sličnost između originalne i obrađene fotografije je velika, što znači da fotografija nije izgubila postojeći izgled i kvalitet, već da su određeni delovi korigovani u svrhu boljeg izgleda. Ovaj softver koristi mnogo kompleksije algoritme od onih koje koriste aplikacije na telefonu, s toga ne čudi ni to što je obrada pomoću ovih AI filtera na mnogo većem nivou.

Kada poredimo rezultate ankete između obrada u softveru *LuminarNeo* i softveru *Photoshop*, primećujemo vrlo male razlike, što znači da AI filteri u slučaju softvera *LuminarNeo* rade vrlo dobro. Ipak, ispitanici su se izjasnili da im se obrada u softveru *Photoshop* najviše dopada. Na osnovu toga zaključujemo da, kada je u pitanju obrada portreta, ljudski faktor igra veliku ulogu.

Naravno, postoje neki pojedinci koji su zabrinuti zbog pojave AI. Kao i u svakoj industriji, neki se plaše da će AI zameniti veštine ljudi, a neki fotografi i kreativci strahuju da bi veštački obrađene ili generisane fotografije mogle preuzeti njihove poslove.

Lično smatram da će se, kada je reč o fotografiji, AI pokazati kao velika pomoć, a nikako zamena za ove profesije. AI može dosta da ubrza rad, i oslobodi nas nekih koraka u obradi koji oduzimaju vreme, a vrlo lako se izvršavaju i AI ne treba mnogo učenja da ih savlada.

Na osnovu istraživanja i saznanja tokom rada na ovoj temi mislim da još uvek postoji dug put pre nego što AI dovede obradu fotografija na nivo koji će biti približan profesionalnom, bez ljudskog faktora.

6. LITERATURA

- [1] <https://blog.adobe.com/en/publish/2020/10/20/photoshop-the-worlds-most-advanced-ai-application-for-creatives> (pristupljeno u martu 2023.)
- [2] <https://blog.adobe.com/en/publish/2021/11/12/how-is-machine-learning-transforming-modern-photography> (pristupljeno u martu 2023)

Kratka biografija:

Milica Obradović rođena je u Novom Sadu 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Digitalne fotografije – Obrada lica na fotografijama različitim tehnikama odbranila je 2023.god.
kontakt: emilicao@protonmail.com

doc. dr Ivana Jurić, rođena je u Kikindi 1987. godine. Doktorske studije je završila na Fakultetu tehničkih nauka 2018. god., a od iste godine je u zvanju docent. Oblast interesovanja je kontrola kvaliteta digitalne fotografije, digitalna štampa.

kontakt: rilovska@uns.ac.rs

**ISTRAŽIVANJE I ANALIZA PROSTORA ZA EDUKACIJU NA FAKULTETU
TEHNIČKIH NAUKA U NOVOM SADU****RESEARCH AND ANALYSIS OF EDUCATIONAL SPACE AT THE FACULTY OF
TECHNICAL SCIENCES IN NOVI SAD**

Jelica Čupić, Vladimir Dimovski, Ivan Pinćjer; *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – Predmet ovog rada obuhvata analizu karakteristika i dizajna edukativnih prostora na Fakultetu Tehničkih nauka namenjenih odraslim osobama - studentima i njihov uticaj na proces učenja. Cilj rada je predlog unapređenja edukativnih prostorija Fakulteta Tehničkih nauka u svrhu poboljšanja procesa učenja studenata. Adekvatni predlozi proizilaze iz teorijske analize razvoja edukativnih prostora kroz vreme, zatim istraživanja literature kao i konkretnih realizovanih primera, sa svetskih univerziteta, dizajna edukativnih prostora.

Ključne reči: prostorni dizajn, edukacija, unapređenje

Abstract – The subject of this paper includes the analyses of characteristics and design of educational spaces at the Faculty of Technical Sciences intended for adults - students and their impact on the learning process. The aim of this paper is to propose the improvement of the educational premises of the Faculty of Technical Sciences in order to improve the learning process of students. Adequate proposals arise from the theoretical analysis of the development of educational spaces over time, then research of literature as well as concrete realized examples from the universities around the world.

Keywords: spatial design, education, improvement

1. UVOD

Dizajn okruženja i prostorija za učenje može da podstakne ili ometa nastavu i učenje. Kroz ovaj rad nastojimo da istražimo kako okruženja za učenje mogu najefikasnije da podrže i unaprede učenje i obezbede razvoj kapaciteta studenata. Dok studenti završe svoje fakultetsko obrazovanje, već će provesti hiljade sati u fakultetskim zgradama. Članak objavljen u studiji inovativnog okruženja „Građenje i okruženje” je potvrdio da postoje pozitivne veze između unapređenja fakulteta, prostornog redizajna i učenja studenata.

Dokazi sugerišu da dobro dizajnirane zgrade i prostori mogu biti pokretač poboljšane edukacije studenata. Dobro osmišljeni prostori za učenje maksimiziraju mogućnosti za bolje učenje kroz fleksibilnost, prilagodljivost i povezanost.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Pinćjer, vanr. prof.

2. ISTORIJAT - RAZVOJ PROSTORA ZA UČENJE

Najstariji oblici prostora za učenje i učionica vode poreklo iz sumerske civilizacije, tkz. Edube, a jedan takav primer prikazan je na slici 1. Đaci su naučili komplikovani klinografski skript stalnom vežbom na svojim gline- nim pločama. Nastavnik bi na ploču napisao rečenicu, a student je morao kopirati rečenicu više puta dok je nije ispisao bez greške. Obrazovanje u drevnoj Mesopotamiji uključivalo je nastavni plan i program koji se bavio učenjem pisanja, čitanja, aritmetike, muzike, geodetske istrage i pravnim pitanjima, a zanimljiva je i činjenica da su đaci uglavnom bili dečaci iz imućnih porodica. Izmišljajući prvu učionicu, prve škole i prve disciplinovane učenike osigurali su održiv put svojoj civilizaciji, tvrdeći svoju superiornost u kreiranju kulture. Čitavo antičko doba obeležilo je razvoj sistema pisanja, rast prvih gradova, širenje trgovine i transporta i tehnološki napredak drevnih civilizacija uključujući i sumerske države, što je doprinelo razvoju složene baze znanja koje je trebalo da se prenese na sledeće generacije [1].



Slika 1. Sumerska učionica (Eduba) oko 2000. godine p.n.e. (Ethicalpolitics, n.d.)

Možda najpribližniji model današnjim učionicama može se prvi put uočiti na prelazu u renesansni period XV i XVI veka (slika 2). Slika prikazuje učionicu u kojoj je drvo kao materijal veoma dominantno; stolovi su poređani u redove sa dugačkim kolonama usmereni ka napred, što sugerise okruženje usmereno na profesora. Veruje se da je u jednoj od ovakvih učionica Šekspir učio i provodio mnogo vremena.



Slika 2. Šekspirova učionica iz 16. Veka
(Ethicalpolitics, n.d.)

Kroz istoriju učionice su dizajnirane sa snažnom korelacijom sa radnom snagom i društvenim potrebama u to vreme. Da bi se razmišljalo kako će prostori izgledati u budućnosti, potrebno je razmišljati unapred i zamišljati ne samo kako će svet izgledati, već i kako će ti prostori moći da prisvoje te promene [1,4].

3. SAVREMENI PROSTORI ZA UČENJE

Nove ideje o prostorima za učenje predstavljaju značajnu mogućnost da visoko obrazovanje učini učenike i učenje uspešnijim. Kroz primenu informacione tehnologije današnji prostori za učenje imaju potencijal da služe novim paradigmama učenja a da u isto vreme dostignu potrebe i očekivanja najskorijih generacija studenata-internet generaciji. Pošto je obrazovanje suštinska misija višeg obrazovanja, učenje i prostor gde se ono odvija su od ključne važnosti. Kako i prostor najbolje služio obrazovnom sistemu, potrebno je da se dizajniraju prostori za učenje koji optimizuju sastavljanje internet generacije, trenutnu teoriju učenja i informacione tehnologije [2].

3.1. Dizajn principi savremenih prostora za učenje

U studiji Džordž Lenda i Bet Džarman opisanoj u knjizi „Breakpoint and Beyond: Mastering the Future Today“ test kreativnog razmišljanja dodeljen je grupama od 5, 10 i 15 godina, a rezultati su bili alarmantni. Kada je od učenika traženo da reše problem na više načina, impresivnih 98 procenata petogodišnjaka postiglo je nivo „genijalnosti“. Međutim rezultati kod desetogodišnjaka su se smanjili na 32 posto, a kod 15-godišnjaka na 10 posto. Studija pokazuje da se divergentno razmišljanje koje je definisano kao misaoni proces koji se koristi za generisanje kreativnih ideja istraživanjem mnogih rešenja kod učenika sve više utišava kako napreduju kroz obrazovni sistem. Nastavnici reaguju na ovaj trend primenom novih metoda koje podstiču saradnju, kreativnost i inventivno rešavanje problema što bolje priprema studente da budu uspešni lideri u današnjoj ekonomiji zasnovanoj na inovacijama. Zato je posao arhitekata i dizajnera da stvore promišljenije i dinamičnije prostore koji neguju dečju urođenu radoznalost i kreativnost i da opremaju učitelje pravim okruženjem za podučavanje na različite načine. Ovi moderni obrazovni prostori stvaraju se fokusirajući se na različite dizajnerske kvalitete i parametre kao što su [5]:

- Fleksibilnost
- Udobnost
- Bezbednost i sigurnost

- Svetlost i priroda
- Transparentnost
- Boja
- Kompleksnost
- Inkluzivnost
- Akustika
- Povezanost
- Pokretljivost
- Tehnologija

3.2. Okruženja za učenje

Današnji poslovi zahtevaju naprednije veštine i zbog toga obrazovni sistem doživljava ogroman poremećaj u dosadašnjem pristupu. To znači da jedan šablon koji odgovara svima ne funkcioniše. Da bi prostori za učenje olakšali ove nove modele dizajn mora da se pobrine da je okruženje udobno, fleksibilno i da podržava kreativnost a ne samo produktivnost. Kreativnost je od suštinskog značaja za moderno liderstvo. Pre nekoliko decenija naša ekonomija se zasnivala na znanju i veštinama ali danas našu ekonomiju pokreću ideje inovacije i kreativno razmišljanje. Naš obrazovni sistem se razvijao zajedno sa ekonomijom, i zato je u porastu doba nastavnih metoda koje podstiču različita razmišljanja i izazivaju tradicionalne tehnike koje često umanjuju kreativnost [4].

3.3. Arhitektura savremenih prostora za učenje

Tempo društvenih i tehnoloških promena dezorijentiše - a moderna okruženja za učenje se razvijaju da bi održala tempo. Prema mišljenju određenog broja arhitekata deo stvaranja obrazovnih prostora uključuje ugradnju dugoročne fleksibilnosti tako da kako se tehnologija, nastavni programi i pedagogija razvijaju tokom životnog veka zgrade mogu podržati i ne ometati te promene. Pogled na prostore danas se na mnogo načina razlikuje nego u prošlosti i zato oni danas dobijaju novi smisao [3].



Slika 3. Primer transparentnog, fleksibilnog prostora za učenje sa dosta prirodne svetlosti (Tes, 2019)

4. PRAKTIČNI I ISTRAŽIVAČKI DEO

Praktični deo ovog rada obuhvata istraživanje i analizu dizajna savremenih prostora za učenje u cilju što bolje edukacije studenata. Ideja je da se napravi anketa sastavljena od niza pitanja pomoću kojih ćemo dobiti podatke o mišljenju studenata o prostorima za učenje na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

Ono što želimo da postignemo sa ovom anketom jeste da saznamo kako studenti posmatraju uticaj prostora na njihovo učenje, odnosno da li određeni dizajn tih prostora

može pozitivno ili negativno da utiče na poboljšanje njihovog učenja. Takođe, da li može da ohrabri studente da provode više vremena na fakultetu i njegovim prostorijama i da im učenje učini produktivnijim. Neka od istraživanja u vezi sa ovim pitanjem su pokazala da većina studenata provodi više vremena u učenju na fakultetu nego kod kuće i da to vreme znatno utiče na njihov progres u toku studiranja. Što bi značilo da, ne samo vreme koje student provede u učenju, već i kvalitet tog učenja znatno utiče na rezultate koje će student ostvariti u toku školovanja.

U mnogim studijama na svetskim univerzitetima ispostavilo se da sam prostor u kome studenti provode najviše vremena učeći igra veliku ulogu u kvalitetu znanja koje on stekne. Zbog toga veliki univerziteti posvećuju mnogo pažnje ovome i trude se da uz pomoć pametnog dizajniranja i osmišljavanja prostora omoguće svojim studentima što bolje uslove za učenje kako bi postigli najbolje rezultate i kako bi i van predavanja i vežbi mogli da unaprede svoje znanje i veštine.

U savremenom svetu zbog brzog porasta troškova visokog obrazovanja i sve veće zabrinutosti zbog potrebe da se podrži jača stopa zapošljavanja i diplomiranja, fokus se okrenuo razvoju pedagogije i razvoju novih obrazaca za prostore za učenje. Pitanje kako fizičko okruženje utiče na nastavu i učenje utemeljeno je na povezanosti arhitekture, dizajna i psihologije.

4.1. Idejno rešenje i cilj

Cilj ovog istraživanja jeste da, pored prostorija gde studenti dobijaju znanje uz pomoć profesora i asistenata, odnosno prostorija za predavanja (učionice, amfiteatri, laboratorije), saznamo kako i gde studenti uče samostalno ili u grupama od više studenata. Pored znanja koje studenti dobiju na predavanjima, jako je bitno i na koji način oni uspevaju to znanje da učvrste i ponavljaju kada su van učionica. Stoga, anketa će nam dati uvid u to da li su studenti zadovoljni trenutnim prostorijama za samostalno i grupno učenje koje im Fakultet tehničkih nauka pruža i da li u njima uspevaju da se pripreme za ispite.

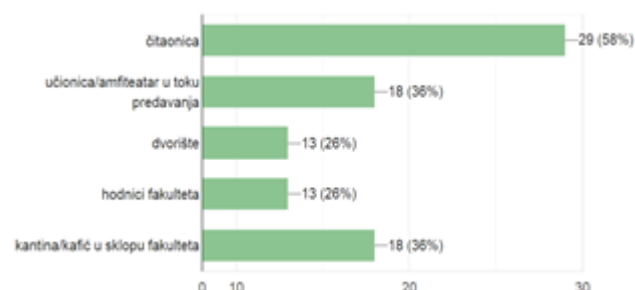
Ono što želimo da postignemo nakon ove ankete jeste da analizom dobijenih rezultata steknemo uvid koliko su prostori na fakultetu opremljeni, pogodni i dobro organizovani za učenje, da li odgovaraju studentima i da li studenti smatraju da nešto treba da se unapredi, promeni ili redizajnira. Nakon toga, uvid u ove rezultate bi trebalo da omogućiti donošenje konkretnih zaključaka o tome šta bi moglo da se uradi na Fakultetu kako bi se doprinelo poboljšanju edukacije studenata, kao i da se predlože eventualne promene. U daljoj analizi rezultata ankete u ovom tekstu prikazana su dva primera pitanja i objašnjenje njihovih rezultata kako bi se stekao uvid u rad.

5. ANALIZA REZULTATA

Primer pitanja: Koje prostore za individualno učenje koristite na Fakultetu?

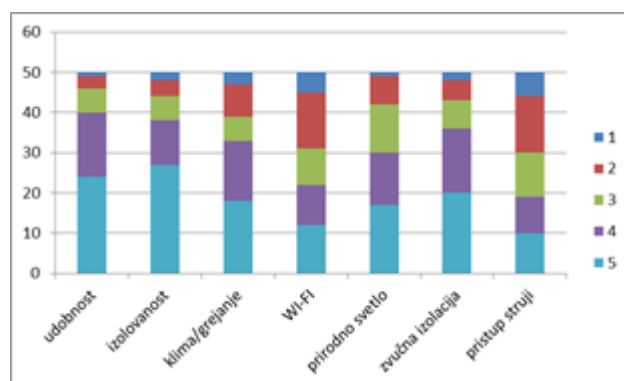
Odgovori se nalaze na grafikonu ispod. Najveći broj ispitanika odgovorio je da koristi čitaonicu kao prostor za učenje (29 od 50 ispitanika), zatim po 18 ispitanika da koriste kantinu/kafić u sklopu Fakulteta i učionice i amfiteatre dok je dvorište i hodnike Fakulteta izabralo po

13 studenata. U prethodnim pitanjima zaključeno je da najveći broj studenata uči samostalno a ne u grupama, stoga je čitaonica bila očekivan odgovor s obzirom da je to prostor koji pruža mir i tišinu potrebnu za ovakvu vrstu učenja. Ipak, ne bi trebalo zanemariti ni odgovore sa po 18 ispitanika, iz razloga što taj broj nije toliko manji od broja ispitanika koji su izabrali čitaonicu, uzimajući u obzir ukupan broj studenata na Fakultetu.



Primer pitanja: Ocenite od 1 do 5 faktore koji su vam neophodni za kvalitetno samostalno učenje:

(1-nije neophodan, 5-najpotrebniji)



Ukoliko posmatramo svaki ponuđen odgovor posebno, na osnovu dobijenih ocena uočavamo da je skoro svaki dobio najviše ocena 5, što bi značilo da su svi faktori potrebni za kvalitetno učenje.

Međutim ono što smo hteli da saznamo iz ovog pitanja jeste koji faktori najviše a koji najmanje utiču na kvalitetno učenje, stoga ne možemo posmatrati svaki faktor posebno već ih moramo sagledati kao celinu i posmatrati odnos njihovih ocena, odnosno posmatrati jednu stavku u odnosu na drugu.

Ono što se iz priloženog grafikona može uočiti jeste da su u vrhu liste potrebnih faktora za učenje svakako prostorna izolovanost, udobnost klupa i zvučna izolacija. Nakon toga imamo klimu odnosno grejanje i prirodno svetlo, a u samom dnu liste jesu pristup struji i WI-FI.

Na osnovu ovih odgovora može se reći da pristup struji i internetu nisu od velike važnosti studentima iako se njihove ocene ne bi trebale zanemariti. Ovde se mogu videti faktori koje su studenti ocenili kao najbitnije. S obzirom da smo iz prethodnih pitanja saznali da studenti najviše koriste čitaonicu na Fakultetu kao mesto za učenje, kao i da je individualno učenje najčešći metod, izabrani faktori u ovom pitanju podupiru prethodne odgovore ukoliko pogledamo šta im je najpotrebnije za kvalitetno učenje, a to su udobnost i prostorna/zvučna

izolovanost, odnosno da je čitaonica definitivno najzastupljenije mesto koje studentima odgovara za učenje jer može sadržati sve faktore koje smo ovde otkrili kao bitne.

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedene ankete i detaljne analize rezultata izvedeni su sledeći zaključci. Što se tiče prostora za učenje koji studenti Fakulteta Tehničkih Nauka najčešće koriste izdvajaju se čitaonica, kantina odnosno kafić u sklopu Fakulteta i učionice. Metoda učenja koja se pokazala kao najkvalitetnija za ispitanike jeste individualno učenje, što se može i zaključiti na osnovu toga što na Fakultetu ne postoji određen prostor za grupno učenje, stoga studenti više vremena provode samostalno i to uglavnom u čitaonici.

Najbitniji faktori za kvalitetno samostalno učenje i faktori koji su studentima neophodni kako bi imali potrebnu koncentraciju i fokusirali se na uspešno učenje izdvojili su se kroz nekoliko pitanja sa veoma visokim ocenama, a to su udobnost stolica ili klupa, prostorna izolovanost svakog studenta ponaosob i dostupnost interneta. Kroz više pitanja ove stavke su se ponavljale kao kritične tačke na Fakultetu kojima studenti daju najviše značaja. Stoga, ako sumiramo, neki od predloga za promene mogu se zaključiti na osnovu ovih odgovora a to su:

- čitaonice sa više prostora, što bi doprinelo tome da svaki student ima svoj privatni prostor potreban za učenje
- dostupnost interneta na prostoru celog Fakulteta, a najviše u prostorima u kojima je to neophodno za pristup materijalu za učenje
- i kao najbitniji faktor - udobnost odnosno komforne i ergonomične klupe i stolice.

Kada se osvrnemo na pitanja koja se tiču izgleda i estetike edukativnih prostora na Fakultetu, studenti su imali priliku da daju svoje mišljenje na osnovu ponuđenih odgovora ali takođe i na osnovu ponuđenih slika koje su služile kao primer kako bi ispitanici mogli vizuelno da zamisle taj prostor. Tu smo dobili sledeće odgovore. Ispitanicima se najviše sviđaju prostori neutralnih, svetlih boja, kako ne bi imali nikakvih vizuelnih ometanja i distrakcije, ali dovoljno prirodnog svetla, velike prozore sa pogledom na dvorište i prostor ispunjen biljkama.

Kao najslabije ocenjen prostor kroz celu anketu izdvojio se prostor studentske službe. Ovde su studenti izrazili nezadovoljstvo na osnovu svojih iskustava tokom provedenog vremena u ovom prostoru i za njega bismo predložili najviše promena koje bi mogle doprineti boljem utisku studenata. Iako ovaj prostor zvanično nije namenjen za učenje i provođenje puno vremena u njemu, ono što zapažamo nakon analize rezultata jeste da su potrebne određene promene u ovom prostoru, a one se najviše tiču vazduha, odnosno ventilacije u ovom prostoru, dodatnog prostora za čekanje koji bi mogao biti ukrašen studentskim radovima, popunjen klupama, foteljama, biljkama i slično.

S obzirom da se veliki broj ispitanika izjasnio da se često našao u situaciji da dugo čeka u redu studentske službe, na ove promene bi trebalo obratiti pažnju kako se ta većina studenata ne bi ponovo našla u sličnoj situaciji ili bar kako bi se takve situacije učinile podnošljivijim ili pak

zabavnim, gde se studenti mogu upoznati, družiti i razmeniti iskustva dok čekaju u redu.

Ovo nas vodi ka sledećem prostoru koji bi se mogao razmotriti a to je prostor za odmor. Na Fakultetu postoji kantina kao i kafić u kojima studenti na osnovu odgovora provode dosta vremena, ali uvek se mora uzeti u obzir da oni često nisu u finansijskoj situaciji da priušte sebi zadovoljstvo okupljanja i druženja na ovom mestu ili jednostavno odmore između predavanja i vežbi. Mnogi ispitanici saglasni su da bi prostor za odmor bio poželjan i da bi voleli da provode vreme u njemu.

7. LITERATURA

- [1] <https://opentextbc.ca/teachinginadigitalage/chapter/6-3-the-classroom-design-model/> [Pristupljeno 03.05.2020.]
- [2] Diana G. Oblinger, James L. Oblinger, "Learning Spaces," Educating the Net Generation, SAD, 2005. [Online] Dostupno na: <https://www.educause.edu/research-and-publications/books/educating-net-generation/learning-spaces> [Pristupljeno 02.05.2020.]
- [3] <https://www.edutopia.org/article/architecture-ideal-learning-environments> [Pristupljeno 03.05.2020.]
- [4] <https://www.interiorsandsources.com/article-details/articleid/21094/title/designing-for-high-impact-learning-spaces> [Pristupljeno 02.05.2020.]
- [5] <https://www.seenmagazine.us/Articles/Article-Detail/ArticleId/6692/Designing-Educational-Spaces-to-Inspire-Divergent-Thinking> [Pristupljeno 04.05.2020.]

Kratke biografije:



Jelica Čupić rođena u Užicu 1994. godine. Trenutno je student master studija na Fakultetu tehničkih nauka. na departmanu Grafičko inženjerstvo i dizajn. Predmet u okviru kojeg radi svoje istraživanje je Prostorni dizajn. kontakt: jelica.cupic@gmail.com



dr Vladimir Dimovski, docent rođen 1978. godine u Novom Sadu. Doktorirao je 2012. na Filozofskom fakultetu u Beogradu, oblast Istorija moderne umetnosti. kontakt: dimovski@uns.ac.rs



Prof. dr Ivan Pinčjer rođen 1980. godine u Sremskoj Mitrovici. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičko inženjerstvo i dizajn 2016. god., a od 2022 je u zvanju vanrednog profesora na Fakultetu tehničkih nauka. kontakt: pintier@uns.ac.rs

**ISPITIVANJE USPEŠNOSTI PRENOŠENJA PORUKE KOMPANIJE KORIŠĆENJEM
AUTOGRAFIKE NA OTVORENOM PROSTORU****TESTING THE SUCCESS OF COMMUNICATING THE COMPANY'S MESSAGE
USING AUTOGRAPHS IN OPEN SPACE**

Jelena Majdandžić, Ivan Pinčjer, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – Cilj rada jeste utvrđivanje efikasnosti komunikacije između posmatrača i samog dizajna brendiranog vozila, te koliko sam dizajn utiče na količinu prenošenja željenih informacija ka posmatraču i buđenje želje kod istih za daljim istraživanjem o brendu koji se reklamira. Ispitivanje je vršeno preko online Google ankete, gde su ispitanicima predstavljena različita rešenja brendiranih vozila, deset različitih primera, i za svaki primer odgovarali su na pet pitanja. Daljom analizom podataka, došlo se do zaključka koje vozilo i njegov dizajn je ostavio dobar utisak kod anketiranih lica a koje nije. Da bi ovakav vid komunikacije dobro prošao, potrebno je obratiti pažnju na sam dizajn, količinu informacija, dostupnost samih površina za brendiranje, bile one velike ili male, kako ne bi došlo do prenatrpavanja informacijama i stvaranja šuma u komunikaciji.

Ključne reči: Prostorni dizajn, oglašavanje na otvorenom, brendiranje automobila

Abstract – The aim of the work is to determine the effectiveness of communication between the observer and the design of the branded vehicle itself, and how much the design itself affects the amount of transmission of the desired information to the observer and the awakening of the same desire for further research on the advertised brand. The survey was conducted via an online Google survey, where respondents were presented with different solutions of branded vehicles, ten specific examples, and for each example they answered five questions. Through further analysis of the data, it was concluded which vehicle and its design left a good impression on the respondents and which did not. In order for this type of communication to go well, it is necessary to pay attention to the design itself, the amount of information, the availability of the areas for branding, be they large or small, so that there is no overcrowding of information and the creation of noise in communication.

Keywords: Spatial design, outdoor advertising, car branding

1. UVOD

Džonatan Bental (1972.) nudi verovatno najširu definiciju kada kaže da je medij bilo koja tehnika koja se koristi za komuniciranje, to jest, za prenos informacija od jednog ka drugom ljudskom biću [1].

Predmet master rada je bolje upoznavanje sa jednim medijom, segmentom prostornog dizajna i načinom oglašavanja pomoću javnih površina, konkretnije oglašavanje pomoću brendiranih automobila i transportnih sredstava.

2. PROSTORNI DIZAJN

Prostor je fundamentalan za ljudsko postojanje, a veći deo okruženja dizajniraju ljudi. Svakodnevni život se uvek odvija unutar prostora, bilo da je to pejzaž, grad, kuća ili soba. Ljudska obrada i percepcija informacija omogućava da prostor izgleda udoban ili neudoban, klaustrofobičan ili zaštitnički, a da se prostorne karakteristike ne percipiraju pojedinačno. Prostorna percepcija je individualna.

2.1. Vrste prostora

Na mnoge različite prostorne formule utiču iste potrebe, ljudske ideje, obrasci ponašanja i potrebe, ili uporedivi uslovi specifični za lokaciju.

Prostor delimo na: javni, privatni, stambeni, radni, kulturni i slobodni prostor, kretanje i veze, trajno i privremeno korišćenje prostora, scenski i imaginarni prostor [2].

3. ISTORIJA I POČECI BRENDIRANJA

Dok će većina ljudi povezati proces brendiranja sa relativno modernim konceptima, njegovo poreklo datira mnogo hiljada godina u nazad [3].

Reklamne kampanje su na kraju 19. i početkom 20. veka koristile niz strogih, pseudoničnih formula: konkurencija se nikad nije spominjala, za reklame su se koristile samo deklaracije proizvoda i naslovi su morali biti ispisani velikim slovima sa mnogo belog prostora – prema rečima jednog pisca reklama, koji je radio u to vreme preokreta „reklama mora biti dovoljno velika da ostavi utisak, ali ne sme biti veća od artikla koji reklamira“ [4].

Danas je većina kompanija zauzela sopstvenu nišu na sve prenatrpanijem tržištu. Kompanije moraju da kreiraju oglašavanje i logotipe koji privlače ciljnu grupu, uzimajući u obzir njihov kratki raspon pažnje i često nezainteresovan pogled na oglašavanje. Internet je uključen u sve aspekte oglašavanja i marketinga. Kako bi se osiguralo da ne zaostaju, organizacije sada moraju da osiguraju svoju vidljivost kako u stvarnom tako i u online svetu [5].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Pinčjer, vanr. prof.

3.1. Vrste oglašavanja

Kompanije danas imaju pristup širokom spektru opcija oglašavanja. Da bi se utvrdilo koje vrste oglašavanja najbolje odgovaraju njenim potrebama, kompanija će možda morati da razmotri brojne faktore, kao što su budžet ili potrošači na koje želi da cilja.

U te načine oglašavanja spadaju: štampano oglašavanje, direktno oglašavanje, televizijsko oglašavanje, radio oglašavanje, podkast oglašavanje, mobilno oglašavanje, oglašavanje na društvenim mrežama, plaćeno oglašavanje, multimedijalno oglašavanje, oglašavanje na otvorenom, gerilsko oglašavanje, oglašavanje plasmana proizvoda, oglašavanje javnog servisa [6].

4. OGLAŠAVANJE NA OTVORENOM

Oglašavanje na otvorenom nije nova marketinška metoda. U stvari ona postoji od davnina [7]. Oglašavanje van kuće (OOH – out of home) je termin koji se koristi za bilo koji oblik oglašavanja koji se može naći van kuće potrošača. Prvobitni jednostavni poster i bilbordi sada uključuju mnogo više od autobuskih stajališta i klupa [8].

5. BRENDIRANJE AUTOMOBILA

Brendiranje automobila možda nije nešto o čemu mnogo ljudi razmišlja, ali je postalo kamen temeljac za oglašavanje i promoviju brenda, i svi se susrećemo sa folijama za automobile svakog dana, bilo da je to omot na vozilu kao što je kamion ili bicikli [9].

Ideja o reklamiranju na vozilima datira još iz 1900.god. kada je Milton Hershey iz brenda Hershey Chocolate odlučio da naslika reklame na stranama svojih vozila tokom automobilske trke što se može videti na slici 1 [10].



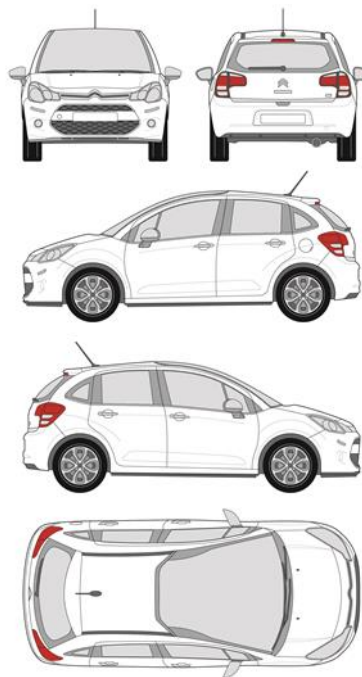
Slika 1. Prva reklama na automobilu [1]

Pepsi je jedna od prvih kompanija koja je uvela masovno oglašavanje pomoću transportnih vozila, što je dovelo do velike potražnje u upotrebi vinila za oglašavanje na bočnim stranama autobusa, automobila itd. Međutim i dalje je bilo problema sa samom folijom, bila je sklona stvaranju vazдушnih balona i prevremenom odlepljivanju.

Tokom 200. godina kompanije 3M, Oracal i Avery Dennison razvile su vinil foliju sa oslobađanjem vazduha, koji je pomogao da se mehurići vazduha oslobode ispod vinilne folije, omogućavajući bolje prijanjanje [9].

5.1. Proces izrade

U samom procesu brendiranja potrebno je i dodatno razumevanje vozila, njegovih gabarita i same mogućnosti za brendiranje od količine dostupnosti slobodnih površina koje se mogu presvući folijom. Stoga, pre samog procesa izrade dizajna, potrebno je upoznati se sa samim vozilom ali i željama klijenta. Pri samom procesu izrade dizajna za određeno vozilo, ali i konstruisanje same pripreme, veliku ulogu igraju tehnički crteži vozila. Pomoću ovog crteža, dobija se na uvid svaka stranica vozila koja može da se brendira, ali treba uzeti u obzir da dimenzije nisu apsolutno tačne, može uvek doći do odstupanja do 10%. Ali u svakom slučaju, velika je olakšica, jer su svi bitni delovi, upotrebljivi i neupotrebljivi, nacrtani.



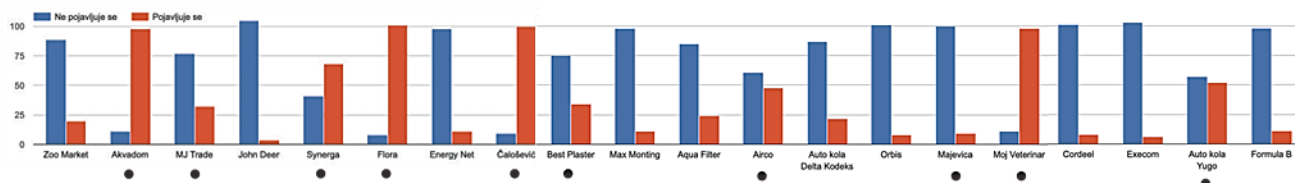
Slika 2. Tehnički crtež putničkog automobila [2]

Pri kreiranju samog dizajna, takođe treba obratiti računa koja folija će da se koristi za brendiranje vozila. Potrebno je obratiti pažnju da li spremljena folija pokriva sve delove vozila koja treba da budu preplepljena, da li se svi delovi uklapaju na spojevima, da li je boja štampe korektna i još mnogo sitnih detalja koji jednom profesionalcu mnogo znače. Svakako, treba obratiti pažnju i na zakonsku regulativu. Na primer, na putničkim automobilima stakla ne bi trebalo preplepljivati, zbog smanjenja vidljivosti u toku vožnje. Dozvoljeni su manji detalji u vidu CUT folije, koji ne pokrivaju mnogo površine. Dok opet, na gradskim autobusima je to dozvoljeno, na određenim staklima, ali korišćenjem samo OWV (one way vision) folije. To su takođe sve parametri koji utiču i na sam dizajn.

Krajnji cilj svake kompanije koja se oglašava, na bilo koji način, jeste nova publika i privlačenje novih klijenata. Ali, šta ako ta reklama ne komunicira? Šta ako poruka nije dovoljno jasna i time se stvori suprotan efekat od željenog? Dodatnu otežavajuću okolnost predstavlja činjenica da se radi o prostornom dizajnu koji je dodatno u pokretu.

5. EKSPERIMENT

Cilj eksperimenta jeste utvrđivanje šuma u komunikaciji između brendinga i posmatrača. Zaposleni u industriji brendiranja vozila, svakodnevno se susreću sa brojnim izazovima pri osmišljavanju samog dizajna i implementacije istog na određeno vozilo. Potreba za ovim tipom eksperimenta proizašla je iz izazova koji se javljaju u privredi, kao i činjenice da u literaturi ima malo sličnih istraživanja, koja bi obuhvatila specifičnost našeg tržišta.



Grafikon 1. Rezultati testa prepoznavanja kompanija čija su vozila bila prikazana u eksperimentu [1]

Eksperiment se sastoji od deset primera. Svaki primer sadrži video i pet pitanja. Sam video je koncipiran na osnovu gif fajla. Video traje 4 sekunde, jer je to prosečno vreme koje jedan slučajni prolaznik ima da osmotri vozilo u pokretu. Na samom videu se nalazi mockup određenog vozila, a sam video počinje i završava se sa belom „slikom“ kako sama slika vozila ne bi bila dostupna za gledanje pre puštanja i nakon završetka videa. Pre postavljenih pitanja, ispitanik je bio zamoljen da pokrene video, pogleda ga i nakon toga odgovori, što je iskrenije moguće, na data pitanja. Pitanja su bila sledeća:

1. Na osnovu snimka, da li ste zapamtili ime firme koja se pojavljuje? Ukoliko ste zapamtili unesite odgovor.
2. Da li vam je na osnovu reklame jasno čime se bavi data kompanija?
3. Koju ocenu biste dali samom dizajnu sa snimka?
4. Na osnovu dizajna koji ste videli, napišite koja je to po vama boja koja dominira na samoj reklamni?
5. Da li vam prikazani dizajn uliva poverenje i da li biste na osnovu reklame potražili usluge/proizvode date kompanije?

Sam cilj eksperimenta jeste prikupljanje informacija koliko jedan brend tj. branding, konkretno izbrendirano vozilo, komunicira sa slučajnim prolaznicima tj. krajnjim potrošačima. Da li je sam dizajn „dobar“ o da li je ostvario komunikaciju između reklame i potrošača.

Suština se sastojala u tome da anketu odrade osobe koje se ne bave dizajnom (brandingom) radi dobijanja što realnije i eventualno kritički orijentisanih odgovora, na osnovu kojih se može pristupiti daljem unapređenju samog dizajna ukoliko je to neophodno.

Nakon odrađene ankete i analiziranja odgovora, može se zaključiti da u većini slučajeva, konkretno šest od deset vozila nije ostvarilo uspešnu komunikaciju sa publikom, te bi dalje trebalo pristupiti rešavanju nastalog šuma u ovom polju komunikacije.

Ovu činjenicu nam najbolje predstavlja i poslednje pitanje u datoj anketi. Nakon deset primera, koje su ispitanici pažljivo pogledali, i za svaki primer davali odgovore na postavljena pitanja, postavljeno je još jedno pitanje. Cilj

Suštinska ideja i interesovanje jeste povratna informacija od krajnjeg korisnika tj. potrošača. Da li je sama reklama privlačna? Da li je ostavila utisak na prolaznika? Da li je išta na prikazanom dizajnu prolaznik zapamtio? Da li mu je bilo zanimljivo?

Na osnovu ovih informacija lakše se utvrdi da li je sama reklama odradila željeni posao ili ne, te u slučaju negativnog ishoda, i dodatnih informacija pristupilo bi se redizajnu iste.

ovog poslednjeg testa je potvrđivanje koliko je određeni dizajn bio upečatljiv i da li je zapamćen naziv kompanije.

Ponudena su imena dvadeset kompanija. Deset se nalazi na prethodnim primerima, dok se drugih deset nisu pojavile i ni na koji način spomenule u prethodno rađenoj anketi. Zadatak je bio da se bez prethodnog vraćanja na pitanja, označe imena deset kompanija koje su se pojavljivale na prethodnim videima koje su pogledali.

Na grafikonu 1. su prikazani rezultati glasanja.

Predlog broj 2 iz ankete, prikazan na slici broj 3, može se izdvojiti kao jedan od najuspešnijih. Spoj dobro iskorišćene velike površine vozila, jednostavnog dizajna sa malo ali sasvim dovoljno elemenata, ostavio je pozitivan utisak na anketirana lica.



Slika 3. Mockup vozila kompanije Pik Bečej predstavljeno u istraživanju [3]

Prilikom rada na dizajnu, klijent je imao dovoljno sluha da poslušava savete dizajnera i da od primarne želje da se predstavi što veži asortiman proizvoda, smanji količinu informacija koja će se naći na vozilu i prihvati svedenije rešenje.

Upečatljiv logo, koji će da privuče pažnju, koji je praćen fotografijama artikala koje imaju u ponudi. Kako su sama pakovanja u tamnijim tonovima, želja klijenta je bila da i sam branding bude u tim nijansama, ali mnogo tamne površine i pozadine je dovelo do stapanja fotografija artikala sa pozadinom, pa su samim tim i postali neprimetni, što nije bio cilj. Iskorišćena je bela osnova samog vozila, kako bi sam prelaz između limarije i autografike bio minimalan, a samim tim i ostavio se prostor elementima brendinga da dođu do izražaja.

Prva stvar koja se uoči pri interakciji sa ovim vozilom jeste veliki crveni logotip sa ispisom Flora. Time se pažnja gledaoca privukla, te će onda nastaviti dalje sa skeniranjem vozila.

Logotip, potom slogan, te slika na boku, i slobodnom procenom, tu interakcija prestaje. Sa druge strane, ukoliko osobe nisu detaljnije upoznate sa samom kompanijom, i njenom istorijom, ne znaju da je Flora ogranak kompanije Pik Bečej.

Ipak, i pored svega ovoga, reklama je ostavila pozitivan utisak kod ispitanih lica. Dizajn je ostavio dobar utisak, i može se reći da je ime bilo u prvom planu. Skoro svi ispitanici su napisali tačan naziv kompanije, a i uzimajući u obzir da je velika većina navela crvenu boju kao dominantnu može se zaključiti da je ime kompanije ostalo u glavnom fokusu. Stoga je i komunikacija sa potrošačima bila uspešna, jer na kraju, 72.5% njih izrazilo je želju za daljom interakcijom i uslugama kompanije.

6. ZAKLJUČAK

Celokupnom prethodnom analizom ankete i predstavljenih vozila ispitanim osobama zaključuje se par stvari. Brendirani automobil, kombi, autobus jesu jedan segment prostornog dizajna, koji ako je predstavljen na pravi način može da ima veliki uticaj na publiku koja ga posmatra. Ali da bi taj oblik komunikacije i oglašavanja bio uspešan, neophodno je da se pridržava osnovnih načela i pravila dizajna.

Iako su autografike i brendiranje automobila malo specifičnija grana industrije, na kraju krajeva u njoj važe ista pravila. Prvo i osnovno koje bih navela jeste “beli prostor” i mogućnost samog dizajna da diše. Ne treba prenatrpavati prostor sa mnogo slika, teksta i boja, jer sam taj čin dovodi do zasićenja u oku posmatrača a neretko stvara i kontra efekat od onog koji se želi postići. Minimalna količina boja, koje su međusobno kompatibilne, naziv kompanije koji je dovoljno velik da bude primećen i kontakt su ponekad sasvim dovoljni da bi interakcija između posmatrača i posmatranog objekta, u ovom slučaju prevoznog sredstva, bila uspešna.

Ipak, pre svega, potrebno je takoreći upoznati se sa vozilom, i razumeti koje su to površine kojima ono raspolaže za primenu samog dizajna jer konačno rešenje u mnogome zavisi od toga.

Samom dizajnu potom treba pristupiti promišljeno, jer samu reklamu na automobilu možemo da uporedimo sa bilbodom. Dok smo u vozilu koje je u pokretu, imamo svega nekoliko sekundi da primimo poruku koja se nalazi na ovom ogromnom kanalu komunikacije koje se nalazi pored puta. Isto tako i slučajni prolaznici dožive i posmatraju izbrendirano vozilo u pokretu. Vide ga na svega par sekundi, te je zadatak dizajnera da na što bolji način interpretira poruku klijenta kako bi tom istom posmatraču, za taj mali period privukla pažnju, zainteresovala ga i dalje podstakla na akciju.

Tek tada se može reći da je sama ideja a sa njom i dizajn bio apsolutno uspešan.

7. LITERATURA

- [1] A.L. Todorović, “Umetnost i tehnologije komunikacije”, Beograd: Multimedia Clio, 2009.
- [2] U. Exner, D. Pressel, “Basic Spatial Design”, Birkhauser Verlag AG, 2009.
- [3] M. Nelson, “Branding fundamentals, Framework for Branding”, December 14, 2016.
- [4] V. Filipović, “Brend Menadžment”, Univerzitet u Beogradu, Fakultet Organizacionih Nauka, 2008.
- [5] <https://www.lcca.org.uk/blog/education/history-of-branding> (pristupljeno u decembru 2022.)
- [6] <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/types-of-advertising> (pristupljeno u decembru 2022.)
- [7] <https://www.bmediagroup.com/news/what-does-oooh-stand-for-in-advertising> (pristupljeno u novembru 2022.)
- [8] <https://www.solaradtek.com/a-brief-history-of-the-amazing-world-of-outdoor-advertising> (pristupljeno u septembru 2022.)
- [9] <https://frshcustom.com/car-wrapping-who-thought-of-it> (pristupljeno u septembru 2022.)
- [10] <https://www.monumentalworkx.com/news/what-is-the-history-of-vehicle-wrapping> (pristupljeno u oktobru 2022.)

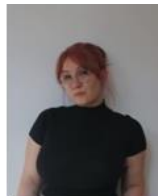
7.1 Slike

- [1] Slika 1. Prva reklama na automobilu [Online]: <http://hersheyarchives.org/encyclopedia-tag/automobile> (pristupljeno u septembru 2022.)
- [2] Slika 2. Tehnički crtež putničkog automobila [Online]: <https://www.ccvision.de/en/car-special-cloud/#variants=803> (pristupljeno u septembru 2022.)
- [3] Slika 3. Mockup vozila kompanije Pik Bečej predstavljeno u istraživanju

7.2. Grafikoni

- [1] Grafikon 1. Rezultati testa prepoznavanja kompanija su vozila bila prikazana u eksperimentu

Kratka biografija:



Jelena Majdandžić rođena je 1989. godine u Novom Sadu. Diplomirala na odseku Grafičko inženjerstvo i dizajn 2015. godine, master studije upisala 2020. godine.

kontakt: majdandzic.jelena.co@gmail.com



Prof. Dr. Ivan Pinčjer rođen je 1980. godine u Sremskoj Mitrovici. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičko inženjerstvo i dizajn 2016. god., a od 2022 je u zvanju vanrednog profesora na Fakultetu tehničkih nauka.

kontakt: pintier@uns.ac.rs

UPOTREBA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE PRILIKOM IZRADE DIZAJNA GRAFIČKOG INTERFEJSA**THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE WHEN DESIGNING A GRAPHIC INTERFACE**Milica Dobrić, Stefan Đurđević, Gala Golubović; *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

Kratak sadržaj – Tema ovog rada jeste ispitivanje sposobnosti alata veštačke inteligencije da doprinesu u procesu dizajna grafičkog korisničkog interfejsa. Integracija veštačke inteligencije u dizajn korisničkog interfejsa rezultirala je inteligentnim interfejsima koji se prilagođavaju korisničkim preferencijama i potrebama. Međutim, ostaju pitanja u vezi sa stepenom do kojeg veštačka inteligencija može da obavlja složene zadatke dizajna. Cilj ovog rada je da se istraži kako se alati veštačke inteligencije mogu primeniti u procesu dizajna veb stranice i proceniti njihove trenutne mogućnosti. Istraživanje koristi alate kao što su Midjourney, generativni program za vizuelna rešenja, i Chat GPT, generativno unapred obučeni transformator za tekstualni sadržaj. Samo kreiranje veb stranice je olakšano putem Wix usluge.

Ključne reči: dizajn korisničkog interfejsa, veb dizajn, veštačka inteligencija, alati veštačke inteligencije

Abstract – The subject of this paper is the examination of the ability of artificial intelligence tools to contribute to the design process of a graphical user interface. The integration of artificial intelligence into user interface design has resulted in intelligent interfaces that adapt to user preferences and needs. However, questions remain regarding the degree to which artificial intelligence can perform complex design tasks. The aim of this paper is to investigate how artificial intelligence tools can be applied in the web design process and evaluate their current capabilities. The research uses tools such as Midjourney, a generative program for visual solutions, and Chat GPT, a generative pre-trained transformer for textual content. Creating a website itself is made easy through the Wix service.

Keywords: user interface design, web design, artificial intelligence, artificial intelligence tools

1. UVOD

Nastanak grafičkog korisničkog interfejsa zauvek je promenio način na koji čovek interaguje sa računarima. Sada, u dominantno digitalnom svetu, kada se susrećemo sa korisničkim interfejsom, bilo u obliku veb platformi, mobilnih aplikacija, ili druge vrste pametnog uređaja, dizajn korisničkog interfejsa oblikuje način na koji komuniciramo sa tehnologijom i kako je doživljavamo.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Stefan Đurđević, docent.

Tehnologija je toliko uključena u naše živote da grafički korisnički interfejsi predstavljaju ključnu sponu između ljudi i digitalnih sistema. Zbog toga, dobar dizajn, intuitivno i efikasno korisničko iskustvo definišu sudbinu nekog sistema. Kako tehnologija nastavlja da se razvija i prožima svaki aspekt naših života, tako je i neophodno da se istraže novi putevi poboljšanja korisničkih interfejsa kako bi se zadovoljile potrebe i preferencije korisnika.

Poslednjih godina, veštačka inteligencija se izdvaja kao brzorastuća sila koja ima potencijal da suštinski menja način na koji živimo, prožimajući društva, industrije, način na koji doživljavamo svet generalno. Veštačka inteligencija nam je omogućila inteligentne interfejse koji se, na osnovu konteksta, prilagođavaju potrebama i preferencijama korisnika. Predmet ovog rada jeste istraživanje uticaja veštačke inteligencije na proces dizajna korisničkog interfejsa, konkretno veb sajta. Cilj rada jeste utvrđivanje kako se alati veštačke inteligencije mogu implementirati u ovaj proces, kao i razmatranje koliko su ovi alati u trenutnoj fazi razvoja u mogućnosti da što samostalnije kvalitetno obave različite korake dizajna veb sajta. Za rešavanje ovog zadatka izabrani su različiti alati koji imaju svrhu da što približnije ispune korake realizacije veb sajta. Za predlog izgleda ovog interfejsa koristiće se Midjourney, generativni program koji izrađuje vizuelna rešenja. Cilj je zadati mu tekstualni upit na način da ovaj alat dođe do najboljih mogućih vizuelnih predloga. Kada je u pitanju tekstualni sadržaj sajta, ovaj posao će obaviti generativni unapred obučeni transformator, jezički model ChatGPT. Zadavanje upita ovom alatu obaviće se na način da se svaka odluka koja se tiče tekstualnog sadržaja sajta, koliko je to moguće, prepusti njemu. Na kraju, sama izrada sajta će se obaviti preko usluge Wix, koja je alatka za izradu veb stranica.

2. KORISNIČKI INTERFEJS

Korisnički interfejs (UI – User Interface) je kanal između interakcije čoveka i računara – prostor u kome će korisnik komunicirati sa računarom ili mašinom kako bi obavio zadatke. Svrha korisničkog interfejsa je da omogući korisniku da efektivno kontroliše računar ili mašinu sa kojom je u interakciji, kao i da dobije povratne informacije kako bi komunicirao efikasno izvršenje zadataka.

Grafički korisnički interfejs (GUI – Graphical User Interface) se odnosi konkretno na softver. Koristi generisane elemente korisničkog interfejsa kao što su tekst, linkovi, dugmad i slike da bi napravio sistem dizajna koji formira korisničko iskustvo. Dakle, to je interfejs koji omogućava korisnicima da izvršavaju zadatke na računarima, tablet ili mobilnim uređajima preko slika i ikona, za razliku od tekstualnih komandi [1].

2.1. Dizajn korisničkog interfejsa

Dizajn korisničkog interfejsa bi mogao biti definisan iz perspektive alata (fizičkog objekta) ili komunikacija. U svakom slučaju, obe definicije bi uključivale interakciju kao a koncept. [2]. Kada je dizajn korisničkog interfejsa u pitanju, radi se o interakciji između korisnika i aplikacije ili uređaja, a u mnogim slučajevima radi se o interakciji između više korisnika preko tog uređaja. To znači da se dizajn korisničkog interfejsa ne odnosi na to kako proizvod izgleda, već na to kako funkcioniše [3].

Počinje analizom zadataka koja za svrhu ima razumevanje primarnih zadataka korisnika i domen problema.

Zadatak koji treba da se izvrši onda se može podeliti na onaj koji se dodeljuje korisniku ili mašini, na osnovu znanja o mogućnostima i ograničenjima svakog od njih. Dizajn korisničkog interfejsa se često deli na četiri različita nivoa:

- Konceptualni nivo – opisuje osnovne entitete, uzimajući u obzir korisnikov pogled na sistem i moguće postupke vezane za njih
- Semantički nivo – opisuje funkcije koje sistem obavlja, tj. opis funkcionalnih zahteva sistema, ali se ne bavi načinom na koji će korisnik pozvati funkcije
- Sintaksički nivo – opisuje nizove ulaza i izlaza potrebnih za pozivanje opisanih funkcija
- Leksički nivo – Određuje kako se ulazi i izlazi zapravo formiraju iz primitivnih hardverskih operacija [4].

Upotrebljivost nekog interfejsa je karakteristika interfejsa i način njegovog dizajniranja koji se fokusira na potrebe korisnika. Koristi procese dizajna usmerene na korisnika kako bi obezbedilo da je neki interfejs zaista efikasan i lak za upotrebu za ljude koji ih stvarno koriste. Da bi se ovo moglo postići, postoje razna uputstva za dizajnere u formi smernica i principa za dizajn

Postoje brojni dokumenti koji sadrže smernice za dizajn grafičkih interfejsa, kreirani od strane velikih firmi ili dizajnera. Te smernice se mogu primeniti u procesu dizajna na više načina, a neki od njih su:

- Navigacija kroz interfejs
- Organizovanje ekrana
- Privlačenje pažnje korisnika
- Olakšavanje unosa podataka [5]

3. VEŠTAČKA INTELIGENCIJA

Veštačka inteligencija (AI – Artificial Intelligence) je sposobnost digitalnog računara ili kompjuterski kontrolisanog robota da obavljaju zadatke koji se obično povezuju sa inteligentnim bićima. Termin se često primenjuje na projekat razvoja sistema obdarenih intelektualnim procesima karakterističnim za ljude, kao što su sposobnost rasuđivanja, otkrivanja značenja, generalizacije ili učenja iz prošlih iskustava. Pokazano je da se računari mogu programirati da izvršavaju veoma složene zadatke sa velikom veštinom [6]. U mnogim slučajevima, ljudi će nadgledati proces učenja veštačke inteligencije, potkrepljujući dobre odluke i obeshrabrujući loše. Međutim, neki sistemi veštačke inteligencije su dizajnirani da uče bez nadzora.

3.1. Izazovi i ograničenja

Iako se veštačka inteligencija svakako smatra važnom i brzo evoluirajućom područjem, ovo polje u nastajanju ima svoje nedostatke. Za sada, veliki nedostatak veštačke inte-

ligencije je to što ne može naučiti da razmišlja izvan okvira. AI je sposobna da uči tokom vremena sa prethodno unetim podacima i prošlim iskustvima, ali ne može biti kreativan u svom pristupu.

Nedostatak veštačke inteligencije u kreativnim poljima, gde spada i dizajn korisničkog interfejsa je potencijalni manjak originalnosti i autentičnosti u kreativnim radovima generisanim od strane veštačke inteligencije.

3.2. Veštačka inteligencija u dizajnu korisničkog interfejsa

Sistemi veštačke inteligencije mogu da stvore dublju vezu između brendova i njihove publike, i poboljšavajući njihov odnos, mogu doprineti sakupljanju velike količine podataka u svrhu dizajniranja proizvoda koji mogu da zadovolje ljudske potrebe i želje. Veštačka inteligencija menja način na koji potrošači i kompanije razmišljaju o korisničkom iskustvu. Ona nudi inovativnije uvide, intimnije angažovanje, specifičniji kontekst za interakcije, brže obrade i intuitivniji interfejs. Veštačka inteligencija personalizuje korisničke interfejse prema ciljanim preferencama individualca, izaziva konvencionalne interakcije i omogućava nove kanale interakcije, kao npr. putem glasa [7].

Fotografije i ilustracije su sastavni deo korisničkog iskustva jer korisnicima saopštavaju bitne informacije i postavljaju pravo raspoloženje. Pronalaženje pravih slika može biti izazovno tokom dizajna proizvoda. Alati koji u ovom slučaju mogu biti korisni Dall-E, Midjourney, Uizard i mnogi drugi. Već dobro poznati alat u svetu dizajnera Adobe Photoshop, nedavno je dobio opciju koja, može se reći, menja način korišćenja ovog alata. Bilo koji deo postojeće slike može da se označi i, unošenjem tekstualnog opisa željene izmene, dobije upotpunjen označeni deo.

Psihologija boja je važan faktor koji utiče na kvalitetan dizajn nekog interfejsa. Razvijanje šeme boja koja zadovoljava kriterijume klijenta je imperativ. Sa pojavom generatora paleta boja kao što su Colormind, HubSpot i Khroma, ova faza u dizajnu interfejsa postala je lakša i brža. Mogu se koristiti za pronalaženje inspiracije, izvesti kombinacije boja iz fotografije, generisati bezbroj paleta boja na osnovu izabranih preferenci i još mnogo toga.

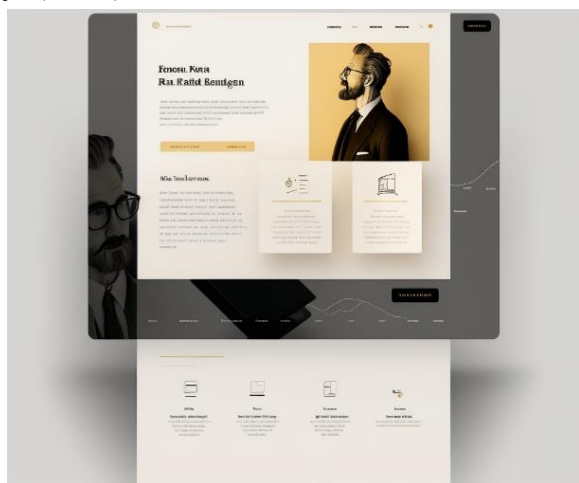
Ovo su samo neki primeri kako veštačka inteligencija može poboljšati, ubrzati i proširiti rad dizajnera na nekom interfejsu. Mogućnosti su razne, svakog dana nastaju novi alati, a na kraju na svakome ostaje izbor kako svoj tok rada može unaprediti ovim putem [8].

4. EKSPERIMENTALNI DEO

Praktični deo ovog rada podrazumeva ispitivanje mogućnosti alata veštačke inteligencije da, uz što manju ulogu čoveka, kreiraju jedan korisnički interfejs, odnosno veb sajt. Početna faza praktičnog dela podrazumeva izbor, odnosno opredeljenje vrste veb sajta koji će biti napravljen. Nakon toga, potreban je alat koji će predložiti kako će internet stranica da izgleda. Za ovaj deo izabran je *Midjourney*. Uz njega, treba izabrati i alat koji će da definiše tekstualni sadržaj. Za svrhe definisanja ovog sadržaja, koristi se *Chat GPT*, jezički model koji koristi računarska predviđanja da odgovori na pitanja i upite koje je korisnik postavio. Na kraju, ove korake će povezati sama izrada stranice koja će biti izvršena preko kreatora veb lokacije, konkretno *Wix* veb sajta, kreatora koji omogućava realizaciju Internet stranice bez kodiranja i hostinga.

4.1. Izrada veb sajta

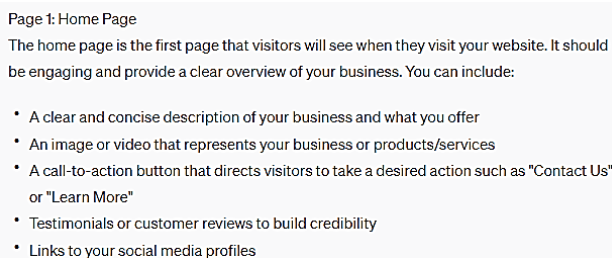
Nakon nekoliko konkretnijih upita, koji se odnose na moderan, kvalitetan dizajn korisničkog interfejsa i internet stranice, dobijena su konačna rešenja, čija kombinacija vizuelnih elemenata je korišćena za krajnji dizajn ovog sajta (slika 1).



Slika 1. Prikaz generisane slike Midjourney alata koja će služiti kao referentna za praktični deo rada

Dobijeni rezultat svakako ne izgleda kao potpun veb sajt, već više kao samo početna stranica, što znači da se ne može na ovaj način dobiti celokupno rešenje. Međutim, dobar je primer osnovnog izgleda, kao što su raspored elemenata na strani i paleta boja. Kao što se može uočiti, *Midjourney bot* ne može da raspozna tekst i jezik, samo hijerarhiju i raspored tekstualnih elemenata i korišćenje tipografije. Dakle, tekstualni sadržaj je potrebno generisati putem drugačijeg programa veštačke inteligencije, kao što će u ovom slučaju biti *Chat GPT*.

Način na koji je pristupljeni zadavanju upita programu *Chat GPT* je da se, uz samo osnovne smernice prepusti ovom modelu da što samostalnije definiše sadržaj veb sajta. Za početak, na osnovu upita o sadržaju petostraničnog veb sajta, dobijene su osnovni odgovori potencijalnih stranica (slika 2).



Slika 2: Odgovori Chat GPT alata na upit o tekstualnom sadržaju veb sajta

Vrsta poslovanja je na početku bila neodređena sa razlogom, odnosno, cilj je bio prepustiti da *Chat GPT* definiše temu, ukoliko to uopšte bude neophodno, a što se pokazalo kao slučaj kako ne bi bilo praznih polja i nedovršenih rečenica. Prema predloženim uslugama, pokazalo se da prvih nekoliko spadaju u istu delatnost, i time se nametnulo da je u pitanju stranica za firmu onlajn marketing strategija, upravljanja društvenim mrežama i optimizacije za pretraživače. Nakon nekoliko razmenjenih upita i odgovora, *Chat GPT* je u potpunosti ispunio potreban sadržaj.

Dakle, od ovog jezičkog modela dobijena je vrsta poslovanja, njegovo ime, stranice koje će se nalaziti na sajtu i njihov sadržaj, a to su početna strana, strana o poslovanju, usluge, karijera i kontakt.

Na osnovu referenci alata *Midjourney* i *Chat GPT*, cilj je bio korišćenjem *Wix* veb sajta što približnije ponoviti izgled sajta sa ovih slike. Imajući u vidu da se na njima ne nalazi ceo veb sajt, neki elementi su napravljeni tako da je *Midjourney* slika služila samo kao polazna tačka za njihov dizajn (slika 3).

Prvi sadržaj na veb sajtu je hero baner, koji je podeljen na stranu tekstualnog sadržaja i velike fotografije. Tekstualni sadržaj se sastoji od naslova, podnaslova, kraćeg pasusa i dva CTA (*Call To Action*) dugmeta. Da bi se postigla što veća verodostojnost, fotografija je preuzeta direktno sa slike koju je *Midjourney* sajt generisao. Sledeći elementi početne stranice su dva pasusa koja daju uvid korisniku u proces rada tima ove firme i razlozi zašto bi posetilac trebalo da se opredeli da postane njihov klijent. Oni služe kao kratak pregled sadržaja koji se može očekivati dalje na sajtu, dok već privlače pažnju i govore korisniku zašto je ovo poslovanje dobar izbor za njih.

Naredni odeljak sajta je kratak tekst sa osnovnim informacijama o poslovanju. Ideja iza dizajna ove stranice bila je, sa obzirom na činjenicu da je sadržinski veoma jednostavna, pripojiti slikovni element sa tamnim efektom, iz generisane slike u vidu pozadine za naslov sa *parallax* efektom, kako bi doprinela dinamičnijem osećaju stranice.

Stranica koja sledi opisuje usluge koje se nude. Izbor ovakvog rasporeda elemenata je zasnovan na poslednjoj oblasti predložene slike alata *Midjourney*. Pored toga, prikladno je na ovaj način prikazati usluge koje se nude jer doprinosi vizuelnoj komunikaciji i privlači pažnju korisnika. Pored toga, ikone mogu da razbiju dugačke blokove teksta i učine sadržaj lakšim za čitanje.

Zatim, na ovom veb sajtu nalazi se stranica za koju je alat *Chat GPT* dao predlog da bude vezana za karijeru, odnosno da omogućiti posetiocu sajta da se prijavi za potencijalan posao u datoj firmi. Uzor za dizajn ove stranice je element sa *Midjourney* slike koji je na njoj pozicioniran tako da na pravom sajtu ne bi bilo poželjno mesto za kartice bilo koje vrste. Uzimajući u obzir tekstualni sadržaj koji je sastavio *Chat GPT*, zajedno sa ovim vizuelnim elementom, zaključak je bio uključiti ovakav tip kartica u dizajn u vidu utisaka klijenata. Promena koja je nastala je ubacivanje fotografija klijenata umesto ikonice, jer ikonice već postoje na prethodnoj stranici, kao i jer povezivanje lika sa izjavom klijenta doprinosi osećaju poverenja.

Za kraj, potrebna je stranica sa informacijama o poslovanju, kao što su adresa i broj telefona, i kontakt forma. Kontakt forma igra vitalnu ulogu u olakšavanju komunikacije, pružanju pogodnosti, dobijanju potencijalnih klijenata, pružanju korisničke podrške, omogućavanju saradnje i poboljšanju ukupnog korisničkog iskustva.

Midjourney nije generisao element slike koji bi odgovarao ovoj vrsti stranice, pa je za to korišćen jedan od osnovnih šablona kontakt forme koju nudi *Wix*, uz jedine izmene palete boja, tipografije i dugmeta koji su korišćeni do sad, kako bi se održala dosadašnja konzistentnost veb sajta.



Slika 3. Grafički prikaz preferencija boja u zavisnosti od pola

5. ZAKLJUČAK

Korišćenje alata veštačke inteligencije za dizajniranje veb stranica i interfejsa donosi brojne prednosti i nove mogućnosti u oblasti dizajna korisničkih interfejsa. Alati sa veštačkom inteligencijom nude dizajnerima veću efikasnost, tačnost i kreativnost, omogućavajući im da sa većom lakoćom kreiraju vizuelno privlačne dizajne usmerene na korisnika.

Kada su u pitanju konkretni alati korišćeni u ovom radu, može se doći do zaključka da imaju velik broj prednosti, ali svakako dolaze sa svojim ograničenjima. *Midjourney*

se pokazao kao alat koji može izuzetno da skрати proces dizajniranja interfejsa, nudeći inspiracije, ideje za palete boja, celokupni osećaj interfejsa i neke okvire za raspored elemenata. Međutim, zahteva određen stepen sposobnosti korisnika da adekvatno formuliše svoj upit da bi generisane slike odgovarale njegovim željama. Pored toga, potrebno je da korisnik već ima neko znanje vezano za ispravan dizajn, kako bi uputio generisane slike u što boljem pravcu, *Midjourney* je u stanju da dođe do relativno dobrih rešenja sa stanovišta pravila kvalitetnog dizajna, ali uz korisnika koji je takođe upoznat sa njima. Pored toga, generisana rešenja neće predstavljati ceo interfejs, nego samo delove, koji bi mogli služiti kao okvirna smernica za dizajn interfejsa.

Drugi istaknuti alat u ovom radu je *Chat GPT*. Kod njega se zaista može primetiti velika pomoć za ideje pri izradi interfejsa, zamenu Lorem Ipsum teksta, i još mnogo toga. Ipak, treba imati na umu da ovaj četbot raspolaže svim javno dostupnim podacima na Internetu, pretvarajući ih u ono što „smatra” adekvatnim za upit korisnika

Na kraju, ovi alati imaju potencijal da poboljšaju personalizaciju i prilagođavanje dizajnu korisničkih interfejsa, kao i da dizajn da se podignu na viši nivo. Ključno je prepoznati ograničenja i razmatranja sa etičkog stanovišta povezana sa alatima za dizajn sa veštačkom inteligencijom.

6. LITERATURA

- [1] Every Interaction “User Interface.” [Online]. Dostupno na: <https://www.everyinteraction.com/definition/user-interface/> [Pristupljeno: 06.06.2023].
- [2] Marcus, A. (2002). Dare we define user-interface design?, Interactions
- [3] Barnes, S. (2010) "User Friendly: A Short History of the Graphical User Interface", Sacred Heart University Review: Vol. 16
- [4] TutorialsPoint (2016) User Interface [Online]. Dostupno na: https://www.tutorialspoint.com/software_architecture_design/user_interface.htm [Pristupljeno: 11.06.2023].
- [5] Đurđević, S. Grafički interfejs [PowerPoint prezentacija], Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [6] Copeland B. J (2023) Artificial Intelligence, Britannica [Online]. Dostupno na: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence> [Pristupljeno: 15.06.2023].
- [7] Fireart (2023) AI-Driven Design: How Artificial Intelligence Is Shaping UI/UX Design [Online]. Dostupno na: <https://fireart.studio/blog/ai-driven-design-how-artificial-intelligence-is-shaping-ui-ux-design/> [Pristupljeno: 24.06.2023].
- [8] Birch, N. (2023) 15 Best AI Tools for Web Designers [Online]. Dostupno na: <https://designmodo.com/ai-tools-designers/> [Pristupljeno: 24.06.2023].

Kratka biografija:

Milica Dobrić rođena je u Novom Sadu 1998. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičko inženjerstvo i dizajn odbranila je 2023. godine.
kontakt: milicadobric5@gmail.com

Dr Stefan Đurđević, docent
kontakt: djurdjevic@uns.ac.rs

U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2022. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aco Antić	Dragana	Marinko Maslarić	Nemanja Sremčev
Aleksandar	Konstantinović	Marko Lazić	Nemanja Tasić
Anđelković	Dragana Šarac	Marko Marković	Nenad Grahovac
Aleksandar Kovačević	Dragoljub Šević	Marko Todorov	Nenad Simeunović
Aleksandar	Drago Žarković	Marko Vekić	Nikola Vojnović
Kupusinac	Duško Bekut	Maša Bukurov	Petar Mirković
Aleksandar Ristić	Đorđe Vukelić	Matija Stipić	Platon Sovilj
Aleksandar Selakov	Goran Jeftenić	Mijodrag Milošević	Radivoje Dinulović
Aleksandra Radulović	Goran Savić	Milan Delić	Radomir Kojić
Aleksandra Pešterac	Goran Sladić	Milan Gavrić	Ratko Obradović
Andraš Anderla	Goran Švenda	Milan Marinković	Sandra Dedijer
Andrija Rašeta	Goran Tepić	Milan Mirković	Saša Medić
Atila Zelić	Gordan Stojić	Milan Rapajić	Slavica Mitrović
Bojan Batinić	Gordana Ostojić	Milan Rackov	Senka Bajić
Bojan Matić	Igor Dejanović	Milan Trivunić	Slobodan Morača
Bojan Tepavčević	Igor Peško	Milan Vidaković	Slobodan Šupić
Borislav Savković	Iva Šiđanin	Milena Krklješ	Srđan Popov
Branislav Atlagić	Ivana Mihajlović	Milica Kostreš	Srđan Vukmirović
Branislav Stevanov	Igor Maraš	Milica Miličić	Stevan Gostojić
Branka Nakomčić	Ivan Prokić	Miloš Simić	Stevan Grabić
Branko Milosavljević	Ivana Katić	Milovan Lazarević	Stevan Milisavljević
Branko Škorić	Ivana Maraš	Milja Simeunović	Stevan Stankovski
Damir Đaković	Ivana Miškeljin	Miodrag Milutinov	Strahil Gušavac
Danijela Ćirić	Jasmina Dražić	Miodrag Žigić	Svetlana Bačkalić
Danijela Gračanin	Jelena Atanacković	Mirjana Malešev	Svetlana Nikoličić
Danijela Lalić	Jeličić	Miroslav Zarić	Tamara Čeranić
Darko Čapko	Jelena Borocki	Mirko Borisov	Veran Vasić
Darko Reba	Jelena Demko Rihter	Mirko Raković	Vesna Stojaković
Darko Stefanović	Jelena Ivetić	Miro Govedarica	Višnja Žugić
Dejan Ecet	Jelena Radonić	Miroslav Kljajić	Vladimir Ilić
Dejan Lukić	Jelena Slivka	Miroslav Popović	Vladimir Katić
Dejan Reljić	Jelena Spajić	Miroslav Zarić	Vladimir Mučenski
Dejan Jerkan	Kalman Babković	Mitar Jcanović	Vlastimir Radonjanin
Dejan Movrin	Lazar Kovačević	Mladen Tomić	Vuk Bogdanović
Dejan Ubavin	Lidija Krstanović	Mladen Radišić	Vuk Vranjkovic
Dejana Nedučin	Ljiljana Popović	Nataša Samardžić	Zdravko Tešić
Dragan Ivanović	Ljubica Duđak	Nebojša Brkljač	Zoran Čepić
Dragan Ivetić	Magdolna Pal	Nebojša Radović	Zoran Jeličić
Dragan Jovanović	Maja Turk Sekulić	Nebojša Ralević	Zoran Papić
Dragan Pejić	Maja Petrović	Neda Milić Keresteš	Željen Trpovski
Dragan Ružić	Marija Silađi	Nemanja Kašiković	