



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке – зборници

Година: XL

Број: 5/2025

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“

Година: XL Свеска: 5

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

Главни и одговорни уредник: проф. др Борис Думнић, декан Факултета техничких наука у Новом Саду

Уредништво:

Проф. др Марко Векић, главни уредник

Сара Копривица, заменик главног уредника

Редакција

Проф. др Марко Векић, главни уредник

Проф. др Иван Пинђер

Сара Копривица, заменик главног уредника

Бисерка Милетић

Језичка редакција:

Бисерка Милетић, лектор

Савет за библиотечку и издавачку делатност ФТН, проф. др Селена Самарцић Цвијановић, 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
Борис Думнић. – 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 пета 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».

Наставно-научно веће ФТН-а је 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-страници Факултета техничких наука (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 17. 9. 2024. до 30. 9. 2024. 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 ФТН-а.

У свесци са редним бројем 4, објављени су радови из области индустријско инжењерство и инжењерски менџмент, инжењерство информационих система, анимација у инжењерству, информациона безбедност и чисте енергетске технологије.

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.

Континуираним радом и унапређењем квалитета часописа, план је да часопис постане препознатљив међу ауторима, чиме ће значајно допринети да се оствари мото Факултета техничких наука:

„Високо место у друштву најбољих“

Уредништво

Sadržaj

Anja Petrić	303—306
ANALIZA I UNAPREĐENJE PROCESA SKLADIŠTENJA U KOMPANIJI ADECO	
Katarina Kukin	307—310
UNAPREĐENJE PROCESA PRERADE I PAKOVANJA PAPRIKE PRIMENOM METODOLOGIJE ZA UPRAVLJANJE POSLOVNIM PROCESIMA	
Darko Dulić	311—314
IZRADA FILAMENATA ZA 3D ŠTAMPU RECIKLAŽOM PET PLASTIČNIH BOCA: EKOLOŠKI I TEHNIČKI ASPEKTI	
Kristina Ristić	315—318
UTICAJ DIGITALIZACIJE NA USVAJANJE ASPEKATA ODRŽIVOSTI U PRAKSI INDUSTRIJSKOG ODRŽAVANJA PROIZVODNIH PREDUZEĆA NA TERITORIJI REPUBLIKE SRBIJE	
Marko Čiča	319—322
ANALIZA FINANSIJSKIH I OPERATIVNIH PERFORMANSI ERSTE BANKE	
Dušan Volarević	323—326
OPTIMIZACIJA PROIZVODNJE KABLOVA KROZ PRIMENU LEAN ALATA I ALATA KVALITETA U AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJI	
Ksenija Krmpot	327—330
INTEGRACIJA PROCENE RIZIKA U FINANSIJSKE MODELE U CILJU USPEŠNIJEG ODLUČIVANJA	
Petar Davidović	331—334
PREDLOG ZA POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI	

**SISTEMA VAZDUHA POD PRITISKOM
U KOMPANIJI „KRUŠIK“**

Ivana Knežević 335—338

**PRIMENA AGILNIH METODOLOGIJA
U UPRAVLJANJU NAUČNO-
ISTRAŽIVAČKIM PROJEKTIMA**

Doris Bučko 339—342

**TRENDVI PRIMENE VEŠTAČKE
INTELIGENCIJE U MARKETINŠKIM
AKTIVNOSTIMA**

Milica Čelebić 343—346

**ZNAČAJ VIZUELNOG
KOMUNICIRANJA U DIGITALNOM
MARKETINGU**

Timea Pažin 347—350

**ZADOVOLJSTVO ZAPOSLENIH
HIBRIDNIM MODELOM RADA**

Tanja Jovanović 351—354

**REGRUTOVANJE ZAPOSLENIH I
NJIHOV RAZVOJ U INDUSTRIJI
INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA**

Božana Bukva 355—358

**AUTOMATIZOVANI MIKSER ZA
KREM MED**

Jelena Bajalica 359—362

**KORPORATIVNA DRUŠTVENA
ODGOVORNOST PREMA
ZAPOSLENIMA U PROIZVODNOJ
ORGANIZACIJI**

Jana Opačić 363—366

**ANALIZA I MODELOVANJE
EVAKUACIJE – BLOK AMFITEATRI,
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA**

Milica Karetić 367—370

**KONCEPT OPTIMIZACIJE
PRIBAVLJANJA I PRIKAZIVANJA**

**VELIKE KOLIČINE PODATAKA U VEB
APLIKACIJAMA**

Ognjen Dupljanin 371—374

**STRATEGIJE I PRIMJENA CLOUD
COMPUTING-A U MODERNIZACIJI I
EFIKASNOSTI INFRASTRUKTURA
RAZLIČITIH INDUSTRIJA**

Kristina Nikolić 375—378

**OPTIMIZACIJA INFORMACIONOG
SISTEMA ZA PROIZVODNJU SOKOVA
PRAĆENJEM I UNAPREĐENJEM
KVALITETA KODA**

Jovana Kalamković 380—383

**PAMĆENJE I EEG – KORELACIJA
IZMEĐU PAŽNJE I UČENJA**

Isidora Nikolić 383—386

**KREIRANJE DITHERING EFEKTA U
UNREAL ENGINE-U: INTERAKTIVNO
OKRUŽENJE NA PRINCIPU ESCAPE
ROOM-A**

Marko Pušac 387—390

**PROGRAMSKI KONTROLISANA
NASUMIČNOST DOŽIVLJAJA ISTE
PUTANJE IGRE**

Lana Dujmović 391—394

**MULTIDISCIPLINARNA EDUKATIVNA
MOBILNA AR APLIKACIJA ZA
PROSTORNU SIMULACIJU
SUNČEVOG SISTEMA U GRADU
NOVOM SADU**

Daria Varga 395—397

**UPOTREBA METODA MAŠINSKOG
UČENJA ZA METRIKU FIZIČKE
SPREME SUBJEKTA**

Danijela Milekić 398—401

**UPOTREBA METODA
KOMPJUTERSKE VIZIJE ZA POTREBE
KONTROLE KORISNIČKOG**

**INTERFEJSA INTERAKTIVNOG
SOFTVERA**

Stefan Isaković

399—404

**SOLARNI PARKING ZA PUTNIČKA
VOZILA**

ANALIZA I UNAPREĐENJE PROCESA SKLADIŠTENJA U KOMPANIJI ADECO

ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF THE STORAGE PROCESS IN THE ADECO COMPANY

Anja Petrić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INŽENJERSKI MENADŽMENT

Kratak sadržaj – U radu su prikazane teorijske osnove iz oblasti logistike, transporta, skladištenja, upravljanja zalihama i detaljna analiza ovih procesa za kompaniju Adeco. Od alata su korišćeni Ishikawa dijagram i FMEA analiza, na osnovu čega je data podloga za projektovanje mera unapređenja.

Ključne reči: Logistika, skladištenje, unapređenje

Abstract – The paper presents theoretical bases in the field of logistics, transport, warehousing, inventory management, and a detailed analysis of these processes for the company Adeco. The Ishikawa diagram and FMEA analysis were used as tools, on the basis of which the basis for designing improvement measures was given.

Keywords: Logistics, warehousing, improvement

1. UVOD

U okviru logistike proces skladištenja i upravljanja zalihama imaju ključnu ulogu. Kompanije čuvaju sirovine, poluproizvode i proizvode u različitim periodima i iz tog razloga upravljanje skladištem predstavlja jedan od ključnih izazova u poslovanju mnogih preduzeća. Nove tehnologije mogu da olakšaju rad zaposlenima ali i dovode do brojnih ušteda tokom poslovanja i povećavaju sigurnost u isporuci robe.

2. TEORIJSKE OSNOVE

Logistika ima ključnu ulogu u kretanju robe i materijala kroz lanac snabdevanja. Osnovne logističke aktivnosti odnose se na transport, upravljanje zalihama, skladištenje kao i na rukovanje materijalom. Sprovođenjem ovih aktivnosti, ostvaruje se glavni cilj, a to je zadovoljenje potreba kupaca za isporukom traženog proizvoda odgovarajućeg kvaliteta na pravo mesto, u pravo vreme i po optimalnoj ceni.

2.1. Opšte o logistici

Logistika se može posmatrati kao premeštanje materijala ili robe sa jednog mesta na drugo. Pod logističkim procesima se podrazumeva upravljanje materijalnim tokovima kroz distributivne kanale i upravljanje tokovima informacija. Za isporuku proizvoda bitna je dobra komunikacija između dobavljača, kupaca i prevoznika.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nebojša Brkljač, vanr. prof.

2.2. Transport

Odabirom najefikasnijeg transporta, stvara se veća vrednost za kupce kroz smanjenje troškova isporuke, poboljšanje brzine isporuke i smanjenje štete na proizvodima. Važan aspekt prevoza robe jeste i samo pakovanje robe. Neophodno je prilagoditi paket tipu robe koja se priprema za prevoz. Roba će se na bezbedan način isporučiti korisnicima tako što će biti uspostavljena pouzdana saradnja sa prevoznicima.

Četiri ključna segmenta neophodna za uspešnu organizaciju logistike transporta su:

1. koordinacija između dobavljača, kupaca i prevoznika
2. priprema robe za prevoz
3. upravljanje skladištima
4. praćenje i nadzor [1]

Od logistike se zahteva konstantno praćenje trendova i digitalizacijom se efikasnije koordinišu aktivnostima kupaca i prevoznika. Transport predstavlja svaku delatnost neophodnu za efikasan i bezbedan prevoz robe od tačke A do tačke B.

2.3. Skladištenje

Logistika skladištenja i zaliha je jedan od ključnih preduslova za uspešno poslovanje svakog logističkog sistema. Skladištenje su „aktivnosti koje se odnose na primanje, skladištenje i otpremu materijala do i od mesta proizvodnje ili distribucije [2]. Skladištenje pomaže u regulisanju protoka robe i sprečava pojavljivanje različitih problema koji se mogu pojaviti prilikom isporuke proizvoda i time se smanjuje neizvesnost.

Prema načinu gradnje, skladišta se dele na: otvorena, natkrivena i zatvorena. Mogu se podeliti i na mehanizovana i polumehanizovana ali i na privatna i javna.

Glavne komponentne skladišta su: skladišni objekti (zgrade, uređene površine...), sredstva za skladištenje i sredstva za odlaganje materijala, pomoćna skladišna oprema (računari, oprema za pakovanje, sredstva za kontrolu i merenje...), transportna sredstva i dodatna oprema.

Planiranje skladištenja robe se sastoji od:

1. analize potreba i zahteva
2. odabira optimalne lokacije
3. proračuna skladišnog prostora
4. izbora skladišnog sistema

Osnovne operacije skladištenja su:

1. doprema robe
2. kvalitativni i kvantitativni prijem robe
3. smeštaj i rukovanje materijalom
4. čuvanje, održavanje, zaštita i osiguranje robe,
5. komisioniranje robe,
6. pakovanje robe,
7. izdavanje robe,
8. otprema robe i ostali radni procesi (operacije) [3]

2.4. Upravljanje zalihama

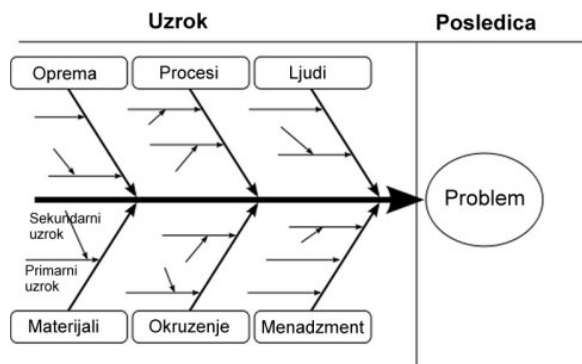
Cilj upravljanja zalihama je da one budu što manje ali dovoljne za održavanje kontinuiranog procesa proizvodnje. Preduzeće mora da raspolaže određenom količinom zaliha kako bi se omogućilo nesmetano poslovanje. Ukoliko postoji veća količina zaliha, povećavaju se i troškovi, potrebna su velika skladišta i dolazi do promena kod obrtnih sredstava. Zalihe utiču na vreme isporuke i dostupnost materijala a time i na zadovoljstvo kupaca proizvodom.

Zalihe omogućavaju ispunjenje zahteva većih od očekivanih, doprinose izbegavanju kašnjenja u isporuci proizvoda, smanjuju troškove prevoza i omogućavaju kupovinu predmeta koji izlazi iz proizvodnje.

3. METODOLOGIJA RADA

Za analizu problema za proces skladištenja u odbranoj kompaniji od alata su korišćeni Ishikawa dijagram i FMEA analiza.

Dijagram UZROCI – POSLEDICA (Ishikawa) je alat koji pomaže u identifikaciji, razvrstavanju i prikazivanju mogućih uzroka određenog problema [4].



Slika 1. Ishikawa dijagram [5]

Prikazane su četiri osnovne grane koje predstavljaju četiri grupe uzroka glavnog problema tj. posledice. Za svaki uzrok problema se definišu poduzroci povlačenjem linija.

Postupak primene dijagrama UZROK-POSLEDICA:

1. definisanje problema
2. identifikacija uzroka
3. izbor osnovne strukture
4. razrada dijagrama
5. postupak širenja (grananja)
6. analiza

FMEA (engl. Failure Modes and Effects Analysis – FMEA) ili metoda analize načina otkaza i efekata je metoda kojom se analiziraju potencijalni defekti na sredstvima i njihove posledice [6]. U zavisnosti od primene, postoje procesna i proizvodna FMEA analiza. Proizvodna FMEA metoda analizira projekat proizvoda ili sistema, ispitivanjem načina na koji otkaz elemenata utiče na proizvod ili sistem. Procesna FMEA metoda analizira procese uključene u proizvodnju, korišćenje i održavanje proizvoda i ispituje način na koji otkazi u procesu utiču na proizvod ili sistem.

Rezultat FMEA analiza je, uglavnom, RPN broj (Risk Priority Number). Ovaj broj je matematički proizvod vrednosti ozbiljnosti posledica nekog oblika otkaza (S), vrednosti pojavljivanja otkaza (O) i vrednosti otkrivanja otkaza (D) [7].

4. OSNOVNI PODACI O KOMPANIJI ADECO

Adeco doo je kompanija koja se bavi proizvodnjom motornih i industrijskih ulja i specijalnih tečnosti za motorna vozila, mehanizaciju i industriju, osnovana 26. decembra 1991. godine u Novom Sadu. Sve do danas Adeco je nastavio da širi svoj proizvodni program, povećava broj zaposlenih i unapređuje tehnologiju i celokupno poslovanje kroz primenu sertifikovanog sistema menadžmenta kvaliteta i zaštite životne sredine u skladu sa zahtevima standarda ISO 9001:2015 i ISO 14001:2015 [8].

Kompanija nastoji da bude prepoznata kao lider u inovacijama i kreiranju proizvoda budućnosti. Zajedno sa zaposlenima i dobavljačima, želi da stavi akcenat na primenu najinovativnijih tehnologija i savremenih naučnih trendova u procesu proizvodnje, kao i da svojim vrednim radom i inicijativom zadovolji potrebe svih klijenata. U kompaniji je zaposleno oko 80 ljudi i postoji manji broj spoljnih saradnika. Pored sopstvene laboratorije, uspostavljeni su stalni kontakti sa laboratorijama, institutima i univerzitetima širom zemlje i inostranstva. Kvalitet Adeco proizvoda i usluga može da se poredi sa vrhunskim evropskim i svetskim kompanijama, koje posluju u oblasti proizvodnje motornih i industrijskih ulja, maziva, tečnosti, aditiva za goriva i srodnih proizvoda.

4.1. Transport u kompaniji

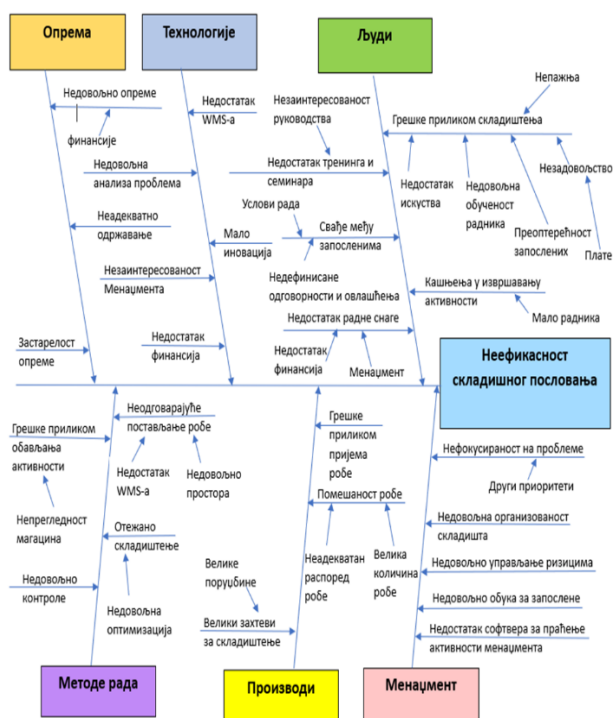
Kompanija vrši transport svojih proizvoda brзом poštom Delicexpress ili sopstvenim transportom. Preduzeće prevozi robu sopstvenim transportom po Vojvodini i do Beograda. Rok za transport robe je od 48 do 72 sata od porudžbine do isporuke. Retki su slučajevi da kupci obustave saradnju zbog na primer kašnjenja robe. Ako kupcu kasni dostava robe, neki od uzroka su sledeći: nedostaju vozila koja će transportovati robu jer je roba kabasta ili su zastoji na putu.

4.2. Skladištenje u kompaniji

Zbog nedovoljnog broja zaposlenih, dolazi do neusaglašenosti prilikom obavljanja poslova u skladištu kompanije. Četiri magacionera obavljaju aktivnosti kao što su praćenje zaliha, prijem robe iz proizvodnje, istovar, održavanje, čišćenje, sakupljanje smeća, pakovanje robe i

Problem u magacinu jeste prilikom istovara robe iz magacina. Magacioneri često ne mogu brzo da nađu robu koja im je potrebna zbog nedostatka Sistema za upravljanje skladištem (WMS). Takođe u magacinu nema dovoljno prostora za svu robu koja se doprema pa naravno i otprema robe je otežana. Zbog nedostatka prostora, određeni delovi magacina su zatrpani robom što otežava njihovo kasnije sortiranje i isporučivanje krajnjim kupcima. WMS sistem bi pomogao prilikom popisa, identifikovanja greški i sprečavanju budućih grešaka.

5.1. Primena Ishikawa dijagrama



Kroz Ishikawa dijagram prikazan je glavni problem a to je neefikasnost upravljanjem skladišta i uzroci tog problema. Uzroci su grupisani u šest kategorija a to su problemi sa opremom, tehnologijom, metodama rada, proizvodima, menadžmentom i zaposlenima.

1. Nedovoljno opreme
2. Nezainteresovanost menadžmenta
3. Kašnjenja u izvršavanju aktivnosti
4. Nedostatak radne snage
5. Nedovoljno kontrole, otežano skladištenje i veliki zahtevi za skladištenjem
6. Greške prilikom prijema robe
7. Nedovoljno upravljanje rizicima



Često dolazi do stvaranja grešaka od strane zaposlenih. Automatizacija ubrzava ove procese i pojednostavljuje ih kako bi se osiguralo da je proces otporan na greške. Ugradnja AS/RS (sistem koji automatski uzima i izuzima robu u i iz skladišta) sistema u skladište može ukloniti potrebu za radnikom koji bi inače upravljao viljuškarom ili drugom mašinom za ručno preuzimanje skladišnih artikala. Roboti i transporteri mogu da donose robu radnicima. Time se štedi vreme prilikom sakupljanja, odlaganja i preuzimanja sa lokacija za skladištenje. Automatizovana upravljačka vozila (AGV) automatizuju radne procese izvršavanjem transportnih zadataka zasnovanih na optimizovanim i fleksibilnim strategijama.

4. Menadžment kompanije

Kompanija mora u budućnosti više da se posveti menadžmentu kompanije. Neophodno je više planirati aktivnosti, voditi računa o zaposlenima i njihovim radnim mestima, detaljno procenjivati moguće rizike u poslovanju i vršiti razne analize kako bi se sprečili problemi u budućnosti. Uvođenjem dodatnih obuka za zaposlene, povećala bi se efikasnost zaposlenih na njihovim radnim mestima.

5. Proširenje, nove metode organizacije ili iznajmljivanje dodatnog skladišnog prostora

Proširenjem skladišta, bilo bi više prostora za prijem robe i smeštanje robe. Reorganizacijom skladišta, olakšao bi se rad zaposlenima prilikom pronalaženja određenih proizvoda. U slučaju da kompanija nije u mogućnosti da proširi skladište ili da ga reorganizuje, predložena mera je iznajmljivanje dodatnog skladišnog prostora.

3. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazano koji su to problemi skladišnog poslovanja kompanije Adeco. Zbog neadekvatnog upravljanja skladištem, pojavljuju se brojni problemi prilikom obavljanja logističkih aktivnosti. Uvođenjem WMS sistema za upravljanje skladištem, zaposleni bi imali prikaz stanja robe u svakom trenutku. Što se tiče nedovoljnog prostora u skladištu, problem se rešava proširenjem skladišta, uvođenjem novih metoda organizacije prostora ili iznajmljivanjem novog skladišta. Automatizacijom skladišnog prostora, smanjila bi se potreba za dodatnom radnom snagom. Nove tehnologije mogu pomoći kompaniji u povećanju efikasnosti i olakšati posao zaposlenima kroz smanjenje troškova ali i doprineti postizanju boljih poslovnih rezultata.

4. LITERATURA

- [1] https://blog.klevercargo.rs/logistika-transporta/?_rstr_nocache=rstr935667d195b45593 (pristupljeno u avgustu 2024.)
- [2] Nikolina Tolić, "Upravljanje skladištem, Pomorski fakultet", 2022. (pristupljeno u avgustu 2024.)
- [3] <https://www.odsekvranje.akademijanis.edu.rs/files/predmeti/ljiljana.stosic.mihajlovic/Poslovna%20logistika%20Predavanja%2007.05.2020%20.pdf> (pristupljeno u avgustu 2024.)
- [4] Massimo Bileta, "Prediplomski stručni studij politehnike", Metode i alati poboljšanja procesa,

završni rad, Pula, 2019. (pristupljeno u avgustu 2024.)

- [5] <https://kvalitet.org.rs/infrastruktura/alati-kvaliteta/dijagram-uzroka-i-posledice> (pristupljeno u septembru 2024.)
- [6] Arijana Stevanović, "UPRAVLJANJE RIZICIMA PRIMENOM FMEA METODE NA PRIMERU MIKRO PREDUZEĆA", 2022. (pristupljeno u avgustu 2024.)
- [7] Mr Vladimir Popović, "ANALIZA RIZIKA I FMEA METODA", Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu (pristupljeno u septembru 2024.)
- [8] <https://www.adecco.rs/oadecco/o-adecco-u/> (pristupljeno u septembru 2024.)
- [9] <https://www.adeso.com/product/nuscan-5100u-adeso-nuscan-5100-2d-barcode-scanner/> (pristupljeno u avgustu 2024.)

Kratka biografija:



Anja Petrić rođena je u Novom Sadu 2000. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka studijskog programa Inženjerski menadžment odbranila je 2023. godine.

**UNAPREĐENJE PROCESA PRERADE I PAKOVANJA PAPRIKE PRIMENOM
METODOLOGIJE ZA UPRAVLJANJE POSLOVNIM PROCESIMA****IMPROVEMENT OF PEPPER PROCESSING AND PACKAGING PROCESSES USING
BUSINESS PROCESS MANAGEMENT METHODOLOGY**

Katarina Kukin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad prezentuje primenu metodologije za upravljanje poslovnim procesima kroz analizu i modelovanje procesa prerade i pakovanja paprike primenom BPMN (Business Process Modeling Notation) konceptata za modelovanje procesa. Primenom automatizacije procesa putem softverskih robota, veštačke inteligencije i savremenih tehnologija fokus se stavlja na modernizaciju i unapređenje postojećih procesa.

Ključne reči: Proces prerade i pakovanja paprike, modelovanje poslovnih procesa, automatizacija procesa, unapređenje procesa

Abstract – This paper presents the application of the Business Process Management methodology through analysis and modeling of the pepper processing and packaging process, by using BPMN (Business Process Modeling Notation) concepts for process modeling. By implementing robotic process automation, artificial intelligence, and modern technologies, the focus is placed on the modernization and improvement of existing processes.

Keywords: Pepper processing and packaging process, business process modelling, process automation, process improvement

1. UVOD

Upravljanje poslovnim procesima (BPM – Business Process Management) predstavlja temelje savremene organizacione izvrsnosti, pružajući strukturiran pristup optimizaciji operacija, unapređenju efikasnosti i podsticanju inovacija [1]. Menadžment poslovnih procesa služi kao skup smernica i alata za sistematsko poboljšanje i optimizaciju načina na koji se obavljaju poslovne aktivnosti. Uključuje analizu, dokumentovanje, automatizaciju i kontinuirano usavršavanje procesa kako bi se poboljšala efikasnost, kvalitet i ukupne performanse [2].

Upravljanje poslovnim procesima se sastoji od dve glavne komponente: poboljšanje procesa, koje uključuje praćenje i ocenu trenutnog procesa kako bi se dijagnostifikovale neefikasnosti, i unapređenje procesa, koje podrazumeva redizajniranje procesa i sprovođenje korektivnih mera na osnovu prethodne analize.

NAPOMENA:

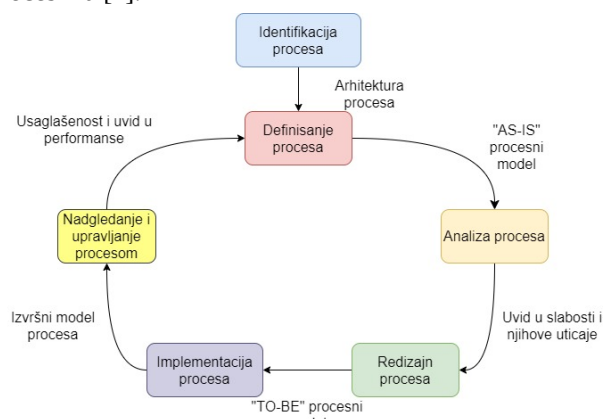
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Branislav Stevanov, vanr. prof.

Termin prognostičko praćenje poslovnih procesa obično se koristi za opisivanje poboljšanja procesa primenom prognostičke analitike na poslovne procese na osnovu istorijskih podataka [3].

Životni ciklus upravljanja poslovnim procesima se sastoji iz sledećih faza:

- identifikacija procesa;
- definisanje procesa;
- analiza procesa;
- redizajn procesa;
- implementacija procesa i
- nadgledanje i upravljanje procesom.

Na slici 1 prikazan je životni ciklus upravljanja poslovnim procesima [4].



Slika 1. Životni ciklus upravljanja poslovnim procesima [4]

1.1. Sistem za upravljanje poslovnim procesima

BPMS (Business Process Management System) predstavlja rešenje koje obuhvata integrisane softverske aplikacije za upravljanje poslovnim procesima. U skladu sa tim može se opisati kao alat koji omogućava automatizovanu vizualizaciju procesa u kompaniji od početka do kraja, modelovanje rešenja, kao i implementaciju, nadzor i praćenje procesa s ciljem stalnog poboljšanja. Sistem za upravljanje poslovnim procesima takođe omogućava automatizaciju i praćenje izvršavanja procesa koristeći resurse kao što su elektronski obrasci, poslovna pravila, integracija sa drugim sistemima i razni izveštaji, omogućavajući centralizaciju svih informacija i postavljanje zajedničkih poslovnih ciljeva za sve učesnike u kompaniji. Alati sistema za upravljanje poslovnim procesima omogućavaju praćenje i upravljanje procesima u realnom vremenu, čime se poboljšava efikasnost i produktivnost. Sistem za

upravljanje poslovnim procesima omogućava mapiranje procesa, procesne mehanizme, radni tok zasnovan na pravilima, kreiranje obrazaca, sposobnost integracije sa drugim sistemima, analitiku, komunikaciju [5].

1.2. Automatizacija poslovnih procesa primenom softverskih robota

Automatizacija poslovnih procesa primenom softverskih robota (*RPA – Robotic Process Automation*) je tehnika koja pomaže u automatizaciji procesa koristeći razne tehnologije, što suštinski pomaže u uštedi troškova, eliminisanju grešaka, pružanju skalabilnih i efikasnih rešenja za stvarne poslovne probleme [6].

Automatizacija poslovnih procesa primenom softverskih robota je savremena metoda koja primenjuje softverske robote za simuliranje ljudskih interakcija. Robotska automatizacija procesa se koristi i više se preferira u odnosu na tradicionalne metode automatizacije jer direktno komunicira sa grafičkim korisničkim interfejsom (*GUI*). Ova svojstva čine RPA manje upadljivom tehnologijom i lakšom za uvođenje. RPA se takođe može kombinovati sa alatima veštačke inteligencije kao što je obrada prirodnog jezika (*NLP*) da bi dobila kognitivne sposobnosti. Ova kognitivna integracija sa RPA čini je bolje usaglašenom sa ciljevima Industrije 4.0 [7].

1.3. Metodologija modelovanja poslovnih procesa

BPMN (Business Process Modeling Notation) je standardizovan sistem za vizuelno modelovanje i opisivanje poslovnih procesa. Cilj metodologije je da omogućiti jasno i nedvosmisleno predstavljanje različitih aspekata poslovnih procesa, što olakšava komunikaciju i saradnju između zainteresovanih strana. *BPMN* predstavlja skup grafičkih konvencija za opisivanje poslovnih procesa.

Notacija za modelovanje poslovnih procesa obuhvata set sa više od sto standardizovanih simbola ili objekata koji vizuelno predstavljaju različite tokove i zadatke u poslovnim procesima [8].

1.4. ERP sistemi

Sistemi za planiranje resursa preduzeća (*ERP – Enterprise Resource Planning*) su sveobuhvatna softverska rešenja dizajnirana da integrišu i optimizuju različite poslovne procese unutar organizacije. ERP sistemi služe kao centralizovana platforma koja omogućava efikasno upravljanje osnovnim poslovnim funkcijama kao što su finansije, ljudski resursi, upravljanje lancem snabdevanja, proizvodnja, upravljanje odnosima sa klijentima. Integrisanjem ovih funkcija u jedan sistem, ERP unapređuje saradnju, vidljivost podataka i donošenje odluka u različitim odeljenjima i nivoima organizacije [9].

Faze implementacije ERP sistema su: planiranje i analiza, dizajn, razvoj, testiranje, implementacija, podrška i ažuriranje [10].

Četiri vodeća pružaoca ERP sistema sa značajnim globalnim tržišnim udelom su: *SAP, Oracle, Microsoft Dynamics i Infor* [11].

Integracija ERP sistema i veštačke inteligencije postala je sve važnija u poslednjih nekoliko godina kako kompanije teže da postanu agilnije i više prilagođene potrebama klijenata. Korišćenjem veštačke inteligencije za analizu

podataka koje generiše ERP sistem, kompanije mogu dobiti uvide u ponašanje klijenata, prognozirati potražnju, optimizovati snabdevanje i automatizovati rutinske zadatke [12].

2. METODOLOŠKI PRISTUP

U radu je prikazano modelovanje i analiza procesa za prerađivanje i pakovanje paprike sa primenom savremenih tehnologija za unapređenje procesa i sastoji se iz sledećih koraka:

- Opis industrijskog procesa koji je predmet primene naprednih tehnologija (robotska automatizacija procesa, veštačka inteligencija);
- Izrada modela procesa;
- Analiza proizvodnog procesa sa aspekta primene naprednih tehnologija;
- Prikaz rezultata.

3. OPIS INDUSTRIJSKOG PROCESA

U kompaniji koja se bavi prerađivanjem i pakovanjem zamrznutog voća i povrća proces pakovanja prema porudžbenici započinje izradom radnog naloga. Radni nalog se izrađuje u okviru specijalizovanog ERP softvera koje preduzeće koristi u velikoj meri za organizaciju poslovanja. Ručno se unose parametri sa porudžbenice (naziv proizvoda, količina, primarno pakovanje, vrsta palete za transport, poslovnica koja će vršiti pakovanje, datum isporuke,...). Nakon kreiranja radnog naloga ručno se u drugom programu unose parametri i izrađuje se faktura. Nakon pakovanja, a pre skladištenja u komore hladnjače, skeniraju se barkodvi na svakoj paleti kako bi se stekao uvid u stanje na skladištu i znalo u svakom trenutku gde se šta nalazi od robe i koje količine su dostupne na lageru. Operacije od kojih je sačinjen proces pakovanja na osnovu izrade radnog naloga su sledeće:

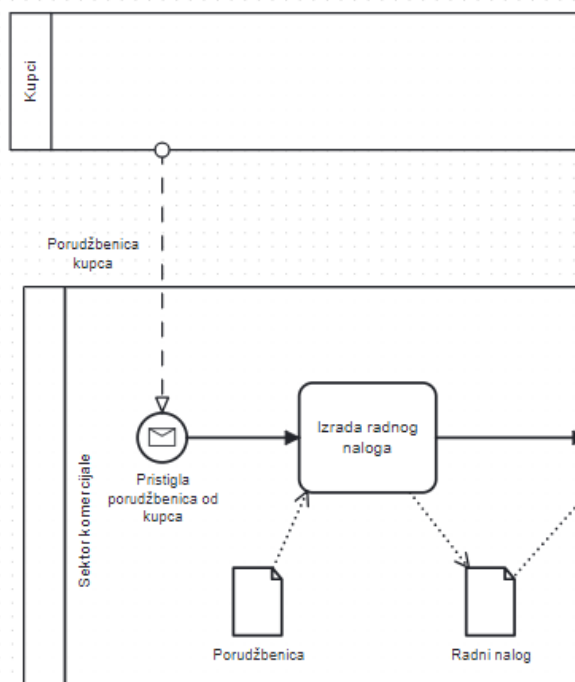
- Izrada radnog naloga;
- Povezivanje pakerice sa radnim nalogom;
- Dopremanje zamrznutog proizvoda iz komore hladnjače;
- Proces pakovanja – isrtesanje sirovine u spremište pakerice;
- Pakovanje u kutije (sekundarna ambalaža);
- Lepljenje deklaracije;
- Kontrola – prolazak kutije kroz detektor metala;
- Slaganje kutija na paletu, lepljenje i skeniranje barkoda;
- Skladištenje robe u komore hladnjače i skeniranje paleta;
- Izdavanje otpremnice i izrada fakture;
- Priprema dokumentacije za transport;
- Utovar i transport vode;
- Ažuriranje ERP sistema.

4. IZRADA MODELA PROCESA

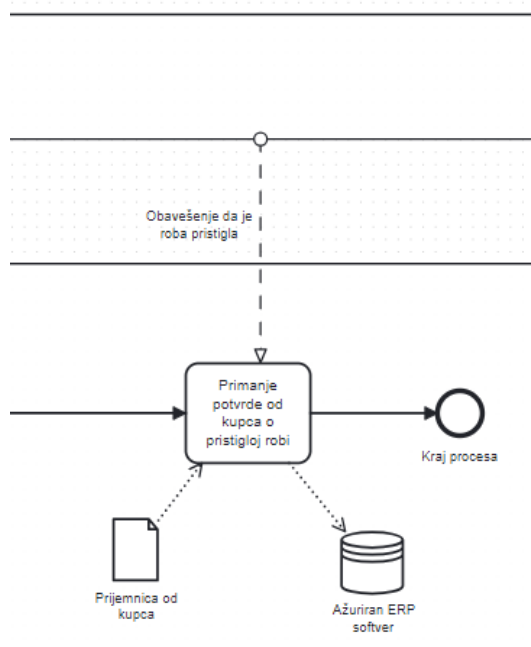
Model procesa pakovanja zamrznutog povrća na osnovu izrađenog radnog naloga, urađen je primenom *BPMN* jezika za modelovanje poslovnih procesa. Kao eksterni resurs prikazan je kupac, čijom porudžbenicom otpočinje procesa. Kao resursi su zastupljeni sektor komercijale, proizvodnje, logistike i špedicije. Od dokumentacije koja se prožima kroz proces zastupljene su: porudžbenica,

radni nalog, trebovanje, faktura, otpremnica, deklaracija, etikete, transportna dokumentacija, sertifikat kvaliteta, prijemnica.

Na slici 2 prikazan je deo modela procesa pakovanja na osnovu izrađenog radnog naloga koji se odnosi na trenutak pristizanja porudžbenice i otpočinjanja procesa, a na slici 3 prikazan je kraj procesa koji podrazumeva pristiglo obaveštenje od kupca o isporuci nakon kog sledi ažuriranje postojećeg ERP softvera.



Slika 2. Početak procesa



Slika 3. Završetak procesa

5. ANALIZA PROCESA SA ASPEKTA PRIMENE AUTOMATIZACIJE PROCESA I PREDLOZI UNAPREĐENJA

Analizom procesa zaključeno je da je potrebno unaprediti procese izrade radnog naloga i fakture, procesa skladištenja, održavanja. Predlozi za unapređenje su prikazani u nastavku rada.

5.1 Automatizacija softvera za upravljanje resursima u preduzeću

Primenom veštačke inteligencije i mašinskog učenja mogu se analizirati istorijski podaci i predvideti potrebe za radnim nalogima. Na osnovu izrađenih radnih naloga veštačka inteligencija može automatski generisati izveštaje, analizirati podatke i izvršavati zadatke kao što su unos podataka, praćenje zaliha, upravljanje porudžbinama, što smanjuje vreme i greške koje se dešavaju pri ručnom unosu podataka.

5.2 Automatsko povezivanje radnog naloga sa izradom fakture

U preduzeću je uočen problem neefikasnosti u procesu izrade radnog naloga i povezivanja fakture sa radnim nalogom. Naime, nakon što je u specijalizovanom ERP softveru izrađen i izdat radni nalog, odvojeno od toga ručno se u Ekselu unose parametri za izradu fakture. Nadogradnjom ERP softvera sa modulom za izradu fakture u istom softveru bi bila omogućena izrada fakture primenom veštačke inteligencije i naprednim programiranjem modula bilo bi omogućeno automatsko povezivanje izrade fakture na osnovu radnog naloga. Takođe, moguće je primeniti alate za automatizaciju procesa putem softverskog robota za automatsko čuvanje podataka iz radnih naloga i automatski unos u sistem za fakturisanje.

Primenom alata za upravljanje dokumentima (DMS – Document Management System) moguće je automatizovati kretanje dokumenata između softvera za upravljanje resursima i softvera za fakturisanje.

5.3 Implementacija RFID tehnologije u procesu skladištenja

U okviru kompanije koristi se softver za praćenje zaliha na skladištu. U procesu pakovanja napomenuto je da se zapakovana roba skenira, ali problem nastaje kada zaposleni zaborave da skeniraju kodove. Ovo uzrokuje nepoklapanje vrsta i količina robe na skladištu i u softveru. Da bi se izbegao uticaj ljudske greške predlog je da se umesto skeniranja barkodova uvedu RFID tagovi, a sami čitači da se postave na ulaz u skladište (komore hladnjače). Na ovaj način bi roba prolaskom bila automatski skenirana i u sistemu bi bilo omogućeno praćenje robe u realnom vremenu povezivanjem čitača sa softverom za praćenje zaliha. Na tržištu postoje tagovi i čitači koji su napravljeni od materijala koji su otporni na niske temperature, pa ih treba naročito razmotriti i uzeti u obzir pošto se u konkretnom sistemu radi o skladištenju robe u komore hladnjače.

5.4 Primena preventivnog održavanja

Organizovanjem preventivnog održavanja opreme koje bi se periodično sprovodilo povećala bi se efikasnost procesa i izbegli neželjeni troškovi i gubici.

6. ZAKLJUČAK

U okviru rada sagledani su teorijski i praktični aspekti upravljanja poslovnim procesima. Kroz primenu naprednih tehnologija moguće je automatizovati poslovne procese, u smislu optimizacije ERP sistema koji su okosnica upravljanja resursima u preduzeću. Posmatrajući kompaniju koja je poslužila kao primer za praktični deo rada uvideno je da postoji veliki prostor za unapređenje procesa i samog sistema. Primenom veštačke inteligencije, automatizacija poslovnih procesa putem softverskih robota, automatizovanih tehnologija za proizvodnju, procesi bi se unapredili i optimizovali, a nepotrebni i nepoželjni troškovi i gubici sveli na minimum. Konkretnom automatizacijom softvera za praćenje resursa u preduzeću, automatskim povezivanjem izrade faktura sa radnim nalogom, proces izrade bi se dosta ubrzao, a zaposleni u komercijalnom sektoru ne bi morali da obavljaju toliko manualnog rada, bilo bi olakšano korišćenje unapređene verzije softvera za upravljanje resursima. Takođe, uvođenjem RFID tehnologije za automatsku identifikaciju robe u skladištu, uticaj ljudske greške bi se sveo na minimum, a u realnom vremenu bi moglo da se prati stanje na lageru i da se ima uvid u stvarne količine robe u svakom vremenskom trenutku.

7. LITERATURA

- [1] L. H. Zaw i H. H. K. h. Tin, „Navigation the Business Process Management (BPM) Implementation Journey: Strategies fot Merging Theory and Practice,“ Economics, Commerce and Trade Management: An International Journey (ECTIJ) , т. 3, pp. 115-125, 2024.
- [2] A. Athuraliya, „The Easy Guide to Business Process Management,“ 16 October 2023. [Na mreži]. Available: <https://creately.com/guides/what-is-business-process-management/>. [Poslednji pristup 5 September 2024].
- [3] M. Abbasi, R. I. Nishat, C. Bond, J. B. Graham-Knight, P. Lasserre, Y. Lucet i H. Najjaran, „A Review of AI and Machine Learning Contribution in Predictive Business Process Management (Process Enhancement and Process Improvement Approaches),“ 2024.
- [4] M. Dumas, M. La Rosa, J. Mendling i H. A. Reijers, Fundamentals of Business Process Management, Springer, 2013.
- [5] „What Does BPMS Mean? What Are Its Components?,“ 29 June 2023. [Na mreži]. Available: <https://www.sydle.com/blog/what-does-BPMS-mean-604f6e2c2dbf0411f26373ed>. [Poslednji pristup 5 September 2024].
- [6] T. Y. Tang, N. M. Salleh i M. E. L. Wong, „Smart Virtual Robot Automation (SVRA) - Improving Supplier Transactional Processes in Enterprise Resource Planning (ERP) System: A Conceptual Framework,“ Research Gate, 2022.
- [7] J. Ribeiro, R. Lima, T. Eckhardt i S. Paiva, „Robotic Process Automation and Artificial Intelligence in Industry 4.0 - A Literature review,“ Procedia Computer Science, pp. 51-58, 2021.
- [8] K. Walch i R. Schmelzer, „Top business process modeling techniques with examples,“ 15 February 2024. [Na mreži]. Available: <https://www.techtarget.com/searchcio/tip/Top-business-process-modeling-techniques-with-examples>. [Poslednji pristup 5 September 2024].
- [9] K. Potter i F. Olaoye, „Enterprise Resource Planning (ERP) Systems,“ The Journal of Business, 2024.
- [10] L. Schwarz, „6 Key Phases of an ERP Implementation Plan,“ Oracle NetSuite, 19 February 2024. [Na mreži]. Available: <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/erp-implementation-phases.shtml>. [Poslednji pristup 5 September 2024].
- [11] G. Ekren, „ERP As an Enterprise Information System: An Overview From Past to Today,“ 2021.
- [12] S. Goundar, A. Nayyar, M. Maharaj, K. Ratnam i S. Prasad, „How atificial intelligence is transforming the ERP systems,“ u Enterprise Systems and Technological Conveergence: Research and Practice, Information Age Publishing, 2021, pp. 85-98.

Kratka biografija:



Katarina Kukin rođena je u Zrenjaninu 2000. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Indutrijisko inženjerstvo – Projektovanje proizvodnih i uslužnih procesa odbranila je 2024. godine.
Kontakt: kacakukin2000@gmail.com

**IZRADA FILAMENATA ZA 3D ŠTAMPU RECIKLAŽOM PET PLASTIČNIH BOCA:
EKOLOŠKI I TEHNIČKI ASPEKTI****PRODUCTION OF 3D PRINTING FILAMENTS BY RECYCLING PET PLASTIC
BOTTLES: ECOLOGICAL AND TECHNICAL ASPECTS**Darko Dulić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je prikazan razvoj i izrada rešenja reciklaže plastičnih boca za proizvodnju filamenata za 3D štampu, s ciljem smanjenja plastičnog otpada. Razvijenim rešenjem (uređajem) je izrađena probna serija filamenata od dve različite PET ambalaže i pomoću njega odštampane epruvete za ispitivanje zatezne čvrstoće. Rezultati pokazuju da je moguće dobiti filamente pogodne za FDM (eng. Fused Deposition Modeling) štampu, čime se smanjuje ekološki otisak i na jednostavan način omogućava održiva upotreba recikliranih materijala.

Cljučne reči: 3D štampa, Plastične boce, Filamenti, Reciklaža, Aditivne tehnologije, FDM

Abstract – The paper describes the development of a solution for recycling plastic bottles to create filaments for 3D printing to reduce plastic waste. The solution involves a device to produce filaments from two different PET packaging materials, which were then used to print test specimens to measure tensile strength. The results demonstrate that it is possible to obtain filaments suitable for FDM (Fused Deposition Modeling) printing. This process reduces the ecological footprint and promotes the sustainable use of recycled materials in a straightforward manner.

Keywords: 3D printing, Plastic bottles, Filaments, Recycling, Additive technologies, FDM

1. UVOD

Savremeno društvo je duboko uronjeno u potrošački način života, gde su proizvodi, uključujući hranu i piće, lako dostupni velikom broju ljudi. Ovaj potrošački trend rezultirao je masovnom upotrebom ambalaže, posebno plastičnih materijala, koji su postali dominantan izbor zbog svoje pristupačne cene i praktičnosti [1]. Plastična ambalaža se široko koristi u prehrambenoj industriji, ali istovremeno predstavlja i značajan ekološki problem. Velike količine plastičnog otpada završavaju u prirodi, doprinoseći globalnom zagađenju i ugrožavajući ekosisteme [2]. Jedan od glavnih izazova današnjeg društva je pronalaženje održivih rešenja za smanjenje ovog otpada.

Reciklaža plastičnih boca u filamente za 3D štampu predstavlja potencijalno rešenje, jer omogućava ponovnu upotrebu plastike, istovremeno smanjujući potrebu za proizvodnjom novih materijala. Aditivne tehnologije,

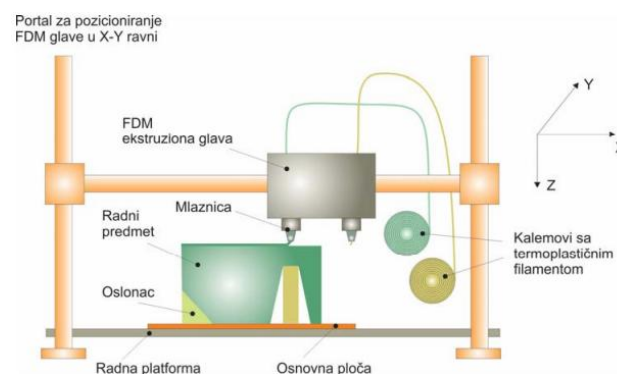
poznatije i kao tehnologije 3D štampe, koriste veliku količinu plastičnih materijala, pa upotrebom recikliranih materijala u ovom procesu doprinosi zaštiti životne sredine [3].

Cilj ovog rada je razvoj i izrada rešenja za reciklažu plastičnih PET boca u filamente za 3D štampu. Kroz rad su analizirani ključni koraci poput pripreme materijala, kontrole temperature tokom obrade i hlađenja. Posebna pažnja bila je posvećena ispitivanju optimalnih parametara za 3D štampu kako bi se postigli najbolji rezultati sa recikliranim filamentima. Na taj način, rad će dati doprinos razumevanju mogućnosti smanjenja plastičnog otpada i promovisanja održivih praksi u industriji.

2. FDM 3D ŠTAMPA I NJENE KARAKTERISTIKE

Aditivne tehnologije predstavljaju savremeni pristup proizvodnji fizičkih objekata dodavanjem materijala na osnovu 3D digitalnih modela [4]. Proces uključuje slojevito nanošenje materijala, čime se formira kompaktan proizvod. Ova tehnologija, koja je prvobitno korišćena za brzu izradu prototipova, danas ima široku primenu u proizvodnji finalnih proizvoda u različitim industrijama, uključujući oblast široke potrošnje, biomedicinu, arhitekturu i građevinarstvo.

FDM je jedna od najprimenjenijih tehnika 3D štampe, koja koristi termoplastične filamente koji su veoma pogodni za reciklažu jer mogu da prođu neograničen broj ciklusa zagrevanja. Filament se istiskuje kroz zagrejanu mlaznicu, nanosi sloj po sloj, slojevi se međusobno spajaju i formira se gotov proizvod. Šema procesa je predstavljena na slici 1. Zbog svoje jednostavnosti i niske cene [5], FDM se široko koristi za izradu prototipova i funkcionalnih delova u industrijama poput automobilske, avio i medicinske [6].



Slika 1. Šema FDM procesa

Postoje različiti sistemi za *FDM* štampu koji se razlikuju po kretanjima glave i radne ploče, kao što su Dekartovi sistemi, delta mehanizmi, SCARA i uređaji sa robotizovanom rukom. Svaki sistem ima specifičan način kretanja ekstruzione glave i radne platforme, što utiče na preciznost i veličinu objekata koji se mogu izraditi.

Ko polazni materijali (filamenti) u *FDM* tehnologiji najčešće se koriste polimeri poput *PLA* (eng. *Polylactic Acid*), *ABS* (eng. *Acrylonitrile Butadiene Styrene*) *PC* (eng. *Polycarbonate*) i dr. Kvalitet dobijenih delova zavisi od gustine, modula elastičnosti i temperature obrade materijala. Kako bi se dobile najbolje karakteristike delova kao i zahtevana tačnost, važno je kontrolisati niz parametara kao što su temperatura ekstruzije, temperatura radne ploče, brzina štampe i dr.

3. MOGUĆNOST RECIKLIRANJA POLIMERNIH MATERIJALA U *FDM* TEHNOLOGIJI

Plastika je postala neizostavan deo modernog života, ali njena prekomerna upotreba dovela je do ozbiljnih ekoloških problema, s obzirom na to da veliki deo plastičnog otpada završi na deponijama. Iako se mala količina plastike reciklira, većina se odlaže, doprinoseći globalnom zagađenju. U ovom kontekstu, reciklaža polimernih materijala u *FDM* tehnologiji predstavlja značajnu priliku za smanjenje plastičnog otpada i ekološkog otiska proizvodnje.

FDM proces koristi termoplastične filamente koji se delimično tope i nanose sloj po sloj, stvarajući fizičke objekte. Ova tehnologija je popularna zbog cene, pristupačnosti i jednostavnosti upotrebe, ali generiše znatne količine otpada, uključujući višak filamenata i potpore. Reciklaža tih materijala ne samo da smanjuje otpad već i troškove proizvodnje, uz ekološke i ekonomske benefite.

Reciklaža u *FDM* tehnologiji uključuje prikupljanje, čišćenje i mlevenje plastičnog otpada, koji se zatim prerađuje u nove filamente. Međutim, termička degradacija polimera kroz više ciklusa obrade smanjuje njihova mehanička svojstva. Istraživanja sugerišu da se ovo može ublažiti dodavanjem novih polimera ili aditiva koji poboljšavaju kvalitet recikliranog materijala.

3.1. Ekonomija i ekologija reciklaže

Reciklaža polimernih materijala u *FDM* tehnologiji smanjuje troškove proizvodnje, jer su reciklirani materijali jeftiniji od novih. Iako postoje inicijalni troškovi za uspostavljanje sistema reciklaže, dugoročne ekonomske uštede su značajne. S ekološke strane, reciklaža smanjuje potrebu za proizvodnjom novih materijala, čime se smanjuju emisije ugljen-dioksida i zagađenje životne sredine [7]. Reciklaža u *FDM* tehnologiji predstavlja ključni korak ka održivoj proizvodnji, jer produžava životni ciklus plastike, smanjuje troškove i pomaže u očuvanju prirodnih resursa.

4. PROJEKTOVANJE UREĐAJA ZA RECIKLAŽU FILAMENTA

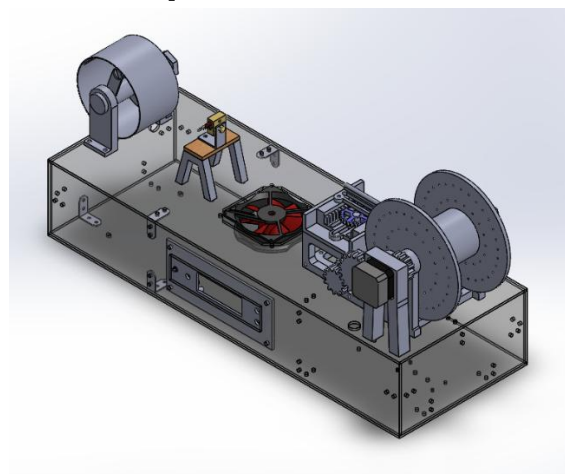
Uređaj za reciklažu filamenata projektovan je korišćenjem CAD softvera *SolidWorks*, koji je razvila kompanija

Dassault Systèmes, jedan od vodećih proizvođač softvera za 3D modelovanje i simulacije.

Mašina se sastoji od četiri ključne komponente, a to su:

1. kalem za namotavanje isečenih plastičnih traka,
2. grejni blok sa termistorom za topljenje plastike za ekstruziju,
3. sistem kalema i motora za namotavanje gotovih filamenata i
4. upravljačka jedinica sa mikrokontrolerom koja koordinira sve komponente.

3D model sklopa je prikazan na slici 2. Delovi mašine su pretežno izrađeni putem 3D štampe od komercijalnih filamenata, a detalji o dizajnu i funkcionalnosti svakog dela dodatno su opisani.



Slika 2. 3D model sklopa uređaja za reciklažu plastičnih boca

4.1. Sečenje plastičnih traka

Sečenje je ključan proces je za pripremu plastičnih boca u trake. Projektovan je poseban uređaj koji korišćenjem ležajeva sa oštrim ivicama, seče boce na ravnomerne trake. Nakon čišćenja i sečenja dna boce, pravi se mali početni rez, a boca se postavlja u uređaj za sečenje kako bi se dobile trake podesive širine koje se namotavaju na kalem označen pozicijom 1 na slici 2.

4.2. Sistem za namotavanje gotovog filamenta

Sistem za namotavanje (slika 2 pozicija 2) sastoji se od kalema za držanje traka i komponenti za precizno namotavanje gotovih filamenata. Nakon što su trake isečene, one se namotavaju na kalem koji pokreće NEMA 17 motor, obezbeđujući ravnomerno namotavanje.

4.3. Grejni blok sa termistorom

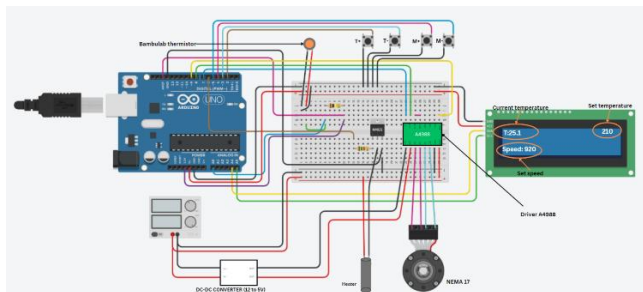
Grejni blok je srce mašine, obezbeđuje zagrevanje za omekšavanje plastičnih traka bez njihovog topljenja (slika 2 pozicija 3). Grejni blok, sličan onima koji se koriste u 3D štampačima, omogućava da se trake preoblikuju u filamente, pri čemu se održava njihova strukturalna integritet kroz kontrolisanu termičku deformaciju [8].

4.5. Upravljački sistem

Upravljački sistem zasnovan je na *Arduino UNO* mikrokontroleru, koji upravlja temperaturom i kontrolom motora. Mašina koristi različite komponente, kao što su termistor za regulaciju temperature, drajvere za motor za precizno pomeranje i *LCD* (eng. *Liquid Crystal Display*) ekran za prikaz uslova rada u realnom vremenu (slika 2 pozicija 4).

Kod za upravljanje mašinom zasnovan je na *Arduino IDE* (eng. *Integrated Development Environment*) okruženju i koristi više biblioteka koje omogućavaju rad sa različitim komponentama, kao što su *PID* (eng. *Proportional-Integral-Derivative*) kontroler, koračni motor, *LCD* ekran i temperaturni senzori. Funkcionalnosti mašine su raspoređene kroz više modula koda, uključujući kontrolu temperature grejnog bloka i brzinu namotavanja filamenata putem *NEMA 17* (eng. *National Electrical Manufacturers Association*) koračnog motora. Korišćenje *TimerOne* biblioteke omogućava precizno upravljanje motorom, dok *PID* algoritam reguliše temperaturu za optimalno omekšavanje plastike.

Šema povezivanja, koja je predstavljena na slici 3, obuhvata *Arduino UNO* ploču koja je povezana sa termistorom za merenje temperature, *A4988* drajverom za kontrolu *NEMA 17* motora, i *MOSFET*-om (eng. *Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor*) za upravljanje grejnim blokom. Sistem koristi 12V ventilator za hlađenje filamenata neposredno nakon ekstruzije. *LCD* ekran prikazuje trenutnu temperaturu i brzinu motora, omogućavajući korisniku da prati rad mašine u realnom vremenu i vrši potrebna podešavanja.



Slika 3. Šema povezivanja električnih komponenti

5. ISPITIVANJE ZATEZNE ČVRSTOĆE

U razvoju materijala za aditivnu proizvodnju, ključan je postupak ispitivanja mehaničkih osobina kako bi se osiguralo da gotovi proizvodi zadovoljavaju potrebne standarde. Jedna od najvažnijih karakteristika je zatezna čvrstoća, jer pruža uvid u otpornost materijala na deformacije i sile [9]. Zatezna čvrstoća ukazuje na maksimalnu silu koju materijal može podneti pre nego što se prelomi. Ispitivanja su vršena na osnovu standarda ISO 527-2.

5.1. Izbor materijala za reciklažu

Pri izboru materijala za reciklažu u 3D štampi, važno je razmotriti fizička, mehanička i termička svojstva, kao i dostupnost materijala. Polietilen tereftalat (*PET*) je najrasprostranjeniji materijal za reciklažu zbog svoje visoke zatezne čvrstoće i stabilnosti [10]. Rečni *PET* pokazuje slična svojstva kao devičanski *PET*, ali zahteva

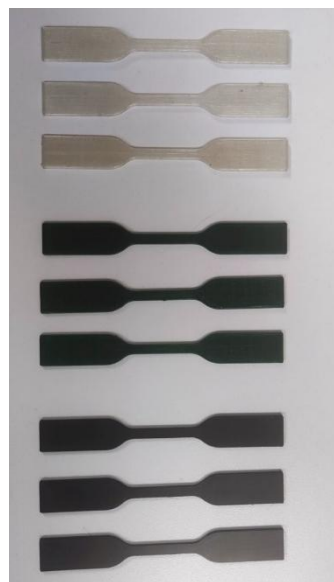
preciznu obradu, poput sušenja na 120°C pre ekstruzije, kako bi se očuvala mehanička svojstva.

5.2. Izbor temperaturnih parametara

Temperatura igra ključnu ulogu u procesu ekstruzije i štampe sa recikliranim materijalima. Temperatura između 120°C i 145°C, u zavisnosti od vrste ambalaže, koristi se za obradu plastičnih traka pri proizvodnji filamenata za 3D štampu, dok je za štampanje sa *PET* filamentom potrebno da se temperatura mlaznice podesi na 255°C, a radne ploče na 85°C. Ovi parametri omogućavaju dobar kvalitet štampe i atheziju radnog komada na radnu ploču.

5.3. Izrada epruveta

Za ispitivanje mehaničkih svojstava materijala, poput modula elastičnosti i zatezne čvrstoće, izrađuju se epruvete, predstavljene na slici 4, prema standardnim dimenzijama (ISO 527-2). Ovi uzorci omogućavaju tačna merenja i upoređivanje sa drugim materijalima. Ispitivanja su sprovedena na uređaju za testiranje (kidalica) *Instron 34SC-2* mašina za testiranje mehaničkih svojstava, koja meri sile i deformacije dok uzorci ne puknu. Rezultati dobijeni iz ovog testa pomažu u proceni kvaliteta recikliranih materijala.



Slika 4. Epruvete izrađene od različitih recikliranih filamenata *PET* plastičnih boca

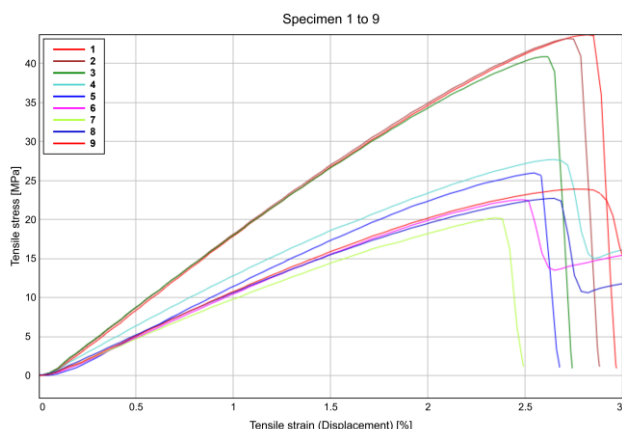
6. REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA

Tokom izrade filamenata postignuti su veoma zadovoljavajući rezultati, jer su svi proizvedeni filamenti uspešno korišćeni u procesu 3D štampe. Nešto slabiji rezultati primećeni kod filamenata dobijenih reciklažom *PET* plastičnih boca marke *Minaqua*, koji su apsorbovali vlagu, što je dovelo do smanjenja kvaliteta štampe u poređenju sa filamentima recikliranim iz *PET* boca marke *Knjaz Miloš*, koji su pokazali bolju otpornost na vlagu i osigurali kvalitetniju štampu.

Ova pojava otvara prostor za dalje istraživanje uticaja različitih vrsta plastičnih boca na kvalitet filamenata, sa ciljem unapređenja procesa reciklaže kako bi se osigurao konzistentan i visokokvalitetan materijal za 3D štampu, bez obzira na poreklo reciklirane plastike.

Sa dijagrama prikazanih na slici 5, je jasno da su komercijalni filamenti (krive 1-3) imali najveću zateznu čvrstoću, prosek 42.6 MPa, sa umerenim izduženjem od prosečno 2.72%, što ih čini pogodnim za delove koji zahtevaju visoku čvrstoću i stabilnost. Filamenti reciklirani iz boca marke Knjaz Miloš (krive 4-6) imali su prosek zatezne čvrstoće od 20 MPa, uz prosek izduženja od 3%, što ih čini fleksibilnijim i mehanički izdržljivim. Filamenti iz *Minaqua* boca (krive 7-9) imali su najnižu prosečnu vrednost čvrstoće od 15,6 MPa, ali veću elastičnost. Različiti filamenti imaju različita svojstva, pri čemu su oni iz *Knjaz Miloš* boca pokazali bolje rezultate, otvarajući prostor za dalja istraživanja i unapređenje procesa reciklaže.

Testiranja mehaničkih karakteristika pokazala su da filamenti dobijeni iz *Knjaz Miloš* boca imaju bolje rezultate u poređenju sa onima iz *Minaqua* boca, otvarajući mogućnost za dalje unapređenje procesa i prilagođavanje reciklaže različitim vrstama plastike.



Slika 5. Dijagrami zatezanja epruveta od komercijalnog filameta (1-3), izrađenog od Knjaz Miloš boce (4-6) i Minaqua boce (7-9)

3. ZAKLJUČAK

Zaključak ovog rada potvrđuje uspešnost reciklaže plastičnih boca u filamente za 3D štampu. Istraživanje je pokazalo da se mogu proizvesti kvalitetni filamenti pogodni za 3D štampu, čak i iz recikliranih materijala poput PET boca. Vrednosti zatezne čvrstoće recikliranih filameta variraju što je posledica nejednakog poprečnog preseka filameta koji je doveo na nekim mestima do nedovoljnog spajanja staza pri procesu 3D štampe. Korišćenje recikliranih filamenata doprinosi održivom razvoju i smanjenju plastičnog otpada.

Iako su uočeni izazovi, poput zadržavanja vlage u PET filamentima, dalja istraživanja i optimizacija procesa mogu dodatno unaprediti kvalitet štampanih proizvoda. Takođe, pravilna kontrola parametara kao što su temperatura ekstruzije i brzina štampanja ključna je za postizanje optimalnih rezultata. Rad postavlja temelje za dalja istraživanja u oblasti primene recikliranih filamenata i potvrđuje njihov potencijal u održivoj proizvodnji.

4. LITERATURA

- [1] T. R. Walker, E. McGuinty, S. Charlebois, и J. Music, „Single-use plastic packaging in the Canadian food industry: consumer behavior and perceptions“,

Humanit. Soc. Sci. Commun., том 8, изд. 1, стр. 80, Март 2021, doi: 10.1057/s41599-021-00747-4.

- [2] L. Brennan и остали, „Consumer Perceptions of Food Packaging in Its Role in Fighting Food Waste“, *Sustainability*, том 15, изд. 3, Art. изд. 3, Јан. 2023, doi: 10.3390/su15031917.
- [3] T. text provides general information S. assumes no liability for the information given being complete or correct D. to varying update cycles и S. C. D. M. up-to-D. D. T. R. in the Text, „Topic: Global plastic waste“, Statista. Приступљено: 16. Септембар 2024. [На Интернету]. Available at: <https://www.statista.com/topics/5401/global-plastic-waste/>
- [4] I. Gibson, D. Rosen, и B. Stucker, *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, RaPID Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*. New York, NY: Springer New York, 2015. doi: 10.1007/978-1-4939-2113-3.
- [5] T. D. Ngo, A. Kashani, G. Imbalzano, K. T. Q. Nguyen, и D. Hui, „Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges“, *Compos. Part B Eng.*, том 143, стр. 172–196, Јуни 2018, doi: 10.1016/j.compositesb.2018.02.012.
- [6] P. K. Penumakala, J. Santo, и A. Thomas, „A critical review on the fused deposition modeling of thermoplastic polymer composites“, *Compos. Part B Eng.*, том 201, стр. 108336, Нов. 2020, doi: 10.1016/j.compositesb.2020.108336
- [7] K. DePalma, M. R. Walluk, A. Murtaugh, J. Hilton, S. McConky, и B. Hilton, „Assessment of 3D printing using fused deposition modeling and selective laser sintering for a circular economy“, *J. Clean. Prod.*, том 264, стр. 121567, Авг. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121567.
- [8] Make:, *How It Is Made: 3D Printing Filament*, (2015.). Приступљено: 16. Септембар 2024. [На Интернету Video]. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=OEKksADFjP8>
- [9] D. Syrlybayev, B. Zharylkassyn, A. Seisekulova, M. Akhmetov, A. Perveen, и D. Talamona, „Optimisation of strength properties of FDM printed parts—A critical review“, *Polymers*, том 13, изд. 10, 2021, doi: 10.3390/polym13101587.
- [10] N. E. Zander, M. Gillan, Z. Burckhard, и F. Gardea, „Recycled polypropylene blends as novel 3D printing materials“, *Addit. Manuf.*, том 25, стр. 122–130, Јан. 2019, doi: 10.1016/j.addma.2018.11.009.

Kratka biografija:



Darko Dulić rođen je u Subotici 2000. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu iz oblasti Industrijskog inženjerstva odbranio je 2023. godine. Nakon toga se zaposlio u kompaniji *ToyoTires* u Indiji. kontakt: dulic.darko@gmail.com

**UTICAJ DIGITALIZACIJE NA USVAJANJE ASPEKATA ODRŽIVOSTI U PRAKSI
INDUSTRIJSKOG ODRŽAVANJA PROIZVODNIH PREDUZEĆA NA TERITORIJI
REPUBLIKE SRBIJE****THE IMPACT OF DIGITALIZATION ON THE ADOPTION OF SUSTAINABILITY
ASPECTS IN INDUSTRIAL MAINTENANCE PRACTICES OF MANUFACTURING
COMPANIES IN THE REPUBLIC OF SERBIA**

Kristina Ristić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO

Kratak sadržaj – U radu je istražena veza između digitalne zrelosti i održivosti u industrijskoj praksi održavanja. Izvršen je pregled literature, strateških dokumenata i analiza tržišta rada. Primenjena je Delfi metoda i statističke analize sa ciljem da se potvrdi postavljena hipoteza da je prisutna korelacija između digitalne zrelosti i nivoa održivosti u proizvodnim kompanijama.

Ključne reči: digitalizacija, održivost, proizvodne kompanije

Abstract – The paper explores the relationship between digital maturity and sustainability in industrial maintenance practice. A review of literature, strategic documents and analysis of the labor market was carried out. The Delphi method and statistical analysis were applied with the aim of confirming the hypothesis that there is a correlation between digital maturity and the level of sustainability in manufacturing companies.

Keywords: digitization, sustainability, manufacturing companies

1. UVOD

Izazovi globalizacije predstavljaju rastuću potražnju za kapitalom i dobrima, što zahteva održivi razvoj u ekološkim, društvenim i ekonomskim aspektima [1]. Čista proizvodnja i stepen digitalizacije predstavljaju glavni pravac razvoja proizvodnje dok istovremeno predstavljaju i cilj održivog razvoja [2]. Usvajanje digitalnih tehnologija transformiše tradicionalne prakse održavanja i usmerava proizvodnu industriju ka autonomnim sistemima koji primenjuju naprednu analizu podataka. Kao ključni pokretač proizvodnje, industrija 4.0 akcenat stavlja na održivi razvoj i digitalizaciju [3]. Digitalizacija predstavlja novi tehnološki trend koji teži ka poboljšanju performansi održivosti sa ciljem obezbeđivanja kvalitetnih proizvoda uz minimalno korišćenje prirodnih resursa [4]. Detaljna analiza problema u proizvodnoj industriji uključuje pregled literature, strateških dokumenata i analize tržišta rada.

Na osnovu identifikovanih potreba i istraživačkog jaza u industrijskoj proizvodnji, predložili smo sledeća istraživačka pitanja:

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Marko Orošnjak, docent.

IP 1: Koji se trenutno održivi indikatori industrijskog održavanja prate?

Predloženo pitanje ima za cilj da utvrdi stanje prakse održivosti unutar praksi industrijskog održavanja i uticaj digitalizacije na održivost u industrijskom održavanju. Da bi se odgovorilo na istraživačko pitanje, sproveden je sistematski pregled literature sa fokusom na održive indikatore industrijskog održavanja **SMPI** (na engl. *Sustainable Maintenance Performance Indicators*).

IP 2: Koji su postojeći SMPI indikatori definisani u literaturi industrijskog održavanja?

Istraživačko pitanje ima za cilj identifikaciju svih postojećih održivih indikatora industrijskog održavanja, koji će se iskoristiti za konstrukciju anketnog instrumenta. Nakon definisanja indikatora, izabrano je najmanje 5 koji su prilagođeni za praćenje performansi održavanja na teritoriji Republike Srbije. Delfi metoda i statističke metode za saglasnost ocenjivača korišćeni su za selekciju i određivanje indikatora.

1.1 Pregled literature

Pregled literature je obuhvatio tri segmenta: (a) identifikacija i analiza literaturnih izvora koji se odnose na ulogu digitalizacije u proizvodnim kompanijama; (b) identifikacija indikatora održivog održavanja (na engl. **SMPI** – *Sustainable Maintenance Performance Indicators*); (c) identifikacija i analiza literaturnih izvora koji analiziraju ulogu digitalizacije kao pokretača održivog održavanja.

Sistemska pregled literature omogućava efikasno prikupljanje, grupisanje i analizu relevantnih informacija iz naučnih publikacija. **PRIZMA** (na engl. **PRISMA** – *Preferred Reporting of Items in Systematic Reviews and Meta Analyses*) protokol upotrebljen je za sistematski pregled literature i kao izvor informacija upotrebljene su sledeće indeksne baze: Google Scholar, Web of Science, Dimensions ai., Elsevier SCOPUS i OpenAlex. Identifikovano je 47 radova od kojih su 33 duplikata. Od preostalih 14 radova, 10 je podvrgnuto detaljnoj analizi dok su 4 rada izbačena. Kao rezultat pregleda, naučni radovi koji nisu fokusirani na proizvodnju nisu uključeni u dalju analizu (5 radova). Na osnovu naučnih radova koji su izabrani (5 radova), izvršena je identifikacija indikatora. Ekstrakcijom indikatora definisane su tri dimenzije održivog održavanja: ekološku, društvenu i finansijsku.

1.2 Ciljevi i hipoteze

Cilj rada je da utvrdi da li postoji veza između nivoa digitalne zrelosti proizvodnih kompanija i nivoa održivosti. Za analizu korelacije između digitalne zrelosti i održivosti, primenjeno su Spearman's ρ test I Kendall's τ -b test. Definisana nulta i alternativna hipoteza istraživanja je:

H_0 : Ne postoji korelacija između nivoa digitalne zrelosti industrijskog održavanja i nivoa održivosti u proizvodnim kompanijama (**H_0 :** $p > 0.05$).

H_1 : Postoji korelacija između nivoa digitalne zrelosti industrijskog održavanja i nivoa održivosti u proizvodnim kompanijama (**H_1 :** $p < 0.05$).

2. METODOLOGIJA

2.1 Delfi analiza

Za identifikaciju najznačajnijih indikatora održivosti potrebnih za formiranje anketnog instrumenta, osnova je prilaz zasnovan na konsenzusu koji se delimično oslanja na Delfi metodu. Delfi metoda obuhvata 7 koraka: (1) selekcija ekspertskog panela; (2) preliminarne diskusije; (3) prva runda diskusije; (4) statistička analiza ocenjivača; (5) diskusija, iteracija i modifikacija; (6) druga runda diskusije i (7) postizanje konsenzusa.

2.1.1 Selekcija ekspertskog panela

Tim ekspertskog panela se sastoji iz tri člana KR, NB i OM. Selekcija najznačajnijih indikatora održivosti je sprovedena sintezom najbitnijih i predlogom i dodavanjem najbitnijih održivih indikatora performansi u održavanju.

2.1.2 Preliminarna diskusija

Preliminarna diskusija obuhvata modifikaciju i dopune literature radi proširenja spektra indikatora performansi. Panel eksperata je predložio uključivanje novih izvora informacija i indikatora višeg nivoa apstrakcije, kako bi se izbegla pojava sa brojnim indikatorima na nižim nivoima.

2.1.3 Prva runda diskusije

Nakon ekstrakcije indikatora, izvršena je selekcija indikatora za konstruisanje pitanja anketnog instrumenta. Selekcija je obuhvatila po 5 indikatora za ekološki, društveni i finansijski aspekt.

2.1.4 Statistička analiza ocenjivača

Za odabir najznačajnijih indikatora, koristili smo tri statistička testa međusobne saglasnosti ocenjivača: Kohenov κ (na engl. *Cohen's Kappa*), Flisov κ (na engl. *Fleiss' Kappa*) i Kripendorfov α (na engl. *Krippendorff's alpha*).

2.1.5 Diskusija i interpretacija vrednosti

Definisane su promenljive održive odgovornosti preduzeća odnosno predloženi su pet nivoa kategorizacije društvene odgovornosti: **Nivo 1:** Minimalna održiva odgovornost; **Nivo 2:** Osnovna održiva odgovornost; **Nivo 3:** Umerena održiva odgovornost; **Nivo 4:** Visoka održiva odgovornost; **Nivo 5:** Sveobuhvatna održiva odgovornost.

2.1.6 Postizanje konsenzusa i izveštavanje

Na osnovu sistematskog pristupa analizi odredili smo glavne indikatore kao poslednje stavke anketnog instrumenta.

2.2 Anketni instrument

Anketni instrument obuhvata demografske informacije o zaposlenom, veličini preduzeća, njihovoj delatnosti, lokaciji i godinama poslovanja u Srbiji. Pored toga, sadrži pitanja o nivou digitalizacije u preduzeću, koji se kategorizuje u pet nivoa, kao i o karakteristikama i performansama u praksi održavanja, uključujući ekološke, društvene i finansijske aspekte. Anketa je započeta 19.06.2024. i završena 26.08.2024. godine, sa uzorkom od 50 kompanija koje su učestvovala i čiji su podaci statistički obrađeni.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1 Deskriptivna statistika

Prvi korak analize obuhvata deskriptivne rezultate anketnog istraživanja (Slika 1.). Veličina preduzeća uključuje: velika (46%), mala (24%), srednja (18%) i mikro (12%). Godine poslovanja su raznolike, sa većinom kompanija koje posluju preko 40 godina (14), a slede 6-10 godina (13), 14-40 godina (9), 5 godina (8) i 11-20 godina (6). Zaposleni koji su popunjavali anketu su uglavnom direktori (20%), a zatim administrativni radnici (10%) i operateri (8%). Primarne delatnosti preduzeća uključuju autoindustriju (10%) i proizvodnju plastičnih proizvoda (10%).

U pogledu digitalizacije, 42% preduzeća je delimično integrisalo digitalizaciju u održavanje, 28% obuhvata upravljačke procese, 20% koristi napredne aplikacije, 6% je na nivou slabe ili nikakve kontrole, a 4% primenjuje Industriju 4.0. Što se tiče održivosti, većina kompanija je na nivou MCP 5 (32%), slede MCP 4 (24%) i MCP 2 (20%). Samo 10% razmatra više aspekata u jednoj dimenziji održivosti, dok 14% razmatra samo jedan aspekt.

Većina preduzeća je smeštena u Beogradu, dok su druga raspoređena u Novom Sadu, Subotici, Šapcu, Kragujevcu, Kruševcu i drugim mestima u Srbiji.

imaju visok nivo održivosti, dok starije i manje razvijene kompanije pokazuju suprotne tendencije.

4. ZAKLJUČAK

4.1 Naučni i praktični doprinos

Rad istražuje vezu između digitalne zrelosti i održivosti u industrijskom održavanju proizvodnih preduzeća u Republici Srbiji. Osnovne komponente rada uključuju analizu potreba industrijske proizvodnje, prikupljanje i analizu podataka, te predstavljanje rezultata.

Pregledom literature identifikovani su indikatori performansi održivog održavanja koji uključuju ekološke, društvene i finansijske aspekte. Metodologija rada testirana je hipoteza o značajnoj korelaciji između digitalne zrelosti i održivosti, primenom Delfi metode za prikupljanje mišljenja i korelacionih testova (Spirmanov i Kendalov test).

Rezultati analize pokazuju: da deskriptivna statistika otkriva da većina kompanija ima delimičnu digitalnu integraciju, dok samo mali broj primenjuje naprednu digitalnu tehnologiju. Mlađe kompanije su sklone digitalnoj transformaciji, a veće kompanije pokazuju viši nivo održivosti. Korelaciona analiza potvrđuje da visoki nivoi digitalizacije, naročito u mlađim i većim kompanijama, utiču na veću održivost. Faktorska analiza i analiza višestruke korespondencije pokazuju da kompanije sa većom digitalnom zrelošću i velikim brojem zaposlenih uspešnije primenjuju održive prakse.

4.2 Ograničenja u istraživanju

Delfi metoda, iako često kritikovana zbog nedostataka u univerzalnosti protokola i koraka, je primenjena u ovom istraživanju sa ciljem postizanja konsenzusa u kodiranju indikatora održivosti. Da bi se osigurala pouzdanost i validnost rezultata, predstavljeni su koraci Delfi analize. Metodoma je postignuta visoka saglasnost ocenjivača, sa 75% u prvom krugu i 100% u drugom krugu.

Pre sprovođenja istraživanja, utvrđeno je da veliki uzorak nije neophodan za realizaciju statističkih testova. Međutim, za reprezentativnost uzorka u Srbiji, uzimajući u obzir podatke o 18.255 registrovanih preduzeća i 13,1% kompanija sa autosorovanim održavanjem, bilo je potrebno minimum 174 preduzeća sa 95% intervala poverenja i 5% greške. Sprovedene su simulacije i testovi sa 1000 bootstrapping-a radi utvrđivanja greške i osiguranja validnosti rezultata. Testovi su pokazali statistički značajnu vezu između digitalne zrelosti i održivosti u praksi održavanja.

Poslednji nedostatak predstavlja to što je varijansa prvih tri dimenzije u Analizi višestruke korespondencije iznosila 36%, što je ispod često citiranih 70% za adekvatno tumačenje asocijacija. Međutim, uključivanjem dodatnih komponenti nije bilo značajnih varijacija u tumačenju, jer su sledeće komponente objašnjavale samo individualne klase promenljivih. U tom kontekstu, 36% varijanse se pokazalo kao zadovoljavajuće za analizu.

4.3 Pravci budućeg istraživanja

Pravci budućih istraživanja uključuju proširenje anketnog instrumenta da obuhvati više promenljivih koje se odnose na održavanje, demografske karakteristike i organizacione

aspekte preduzeća. Takođe, potrebno je istražiti uticaj upravljačko-organizacionih karakteristika i predloženih indikatora na kvalitet proizvodnih kompanija. Pored toga, kako godina poslovanja značajno utiče na nivo digitalne zrelosti, predlaže se istraživanje zavisnosti između godina iskustva upravljačkog i operativnog kadra, s obzirom na uticaj ovih faktora na operativne aktivnosti i prakse održavanja.

LITERATURA

- [1] T. Stock and G. Seliger, "Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0," in *Procedia CIRP*, Elsevier B.V., 2016, pp. 536–541. doi: 10.1016/j.procir.2016.01.129.
- [2] H. Wen, C. Wen, and C.-C. Lee, "Impact of digitalization and environmental regulation on total factor productivity," *Information Economics and Policy*, vol. 61, p. 101007, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.infoecopol.2022.101007.
- [3] Z. Tao and J. Chao, "Unlocking new opportunities in the industry 4.0 era, exploring the critical impact of digital technology on sustainable performance and the mediating role of GSCM practices," *Innovation and Green Development*, vol. 3, no. 3, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.igd.2024.100160.
- [4] J.-P. Schögggl, M. Rusch, L. Stumpf, and R. J. Baumgartner, "Implementation of digital technologies for a circular economy and sustainability management in the manufacturing sector," *Sustain Prod Consum*, vol. 35, pp. 401–420, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.spc.2022.11.012.

Kratka biografija:

Kristina Ristić rođena je u Novom Sadu 1998. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Industrijsko inženjerstvo – Kvalitet, efektivnost i logistika odbranila je 2021. godine.

АНАЛИЗА ФИНАНСИЈСКИХ И ОПЕРАТИВНИХ ПЕРФОРМАНСИ ЕРСТЕ БАНКЕ**ANALYSIS OF FINANCIAL AND OPERATIONAL PERFORMANCE OF ERSTE BANK**

Марко Чича, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ИНДУСТРИЈСКО ИНЖЕЊЕРСТВО И МЕНАџМЕНТ

Кратак садржај – Овај рад има за циљ да кроз истраживање финансијске и оперативне анализе дође до конкретних предности и слабости Ерсте банке и да идентификује конкретна решења за саму организацију.

Кључне речи: Банка, анализа, истраживање

Abstract – The purpose of this paper is to find specific strengths and weaknesses of Erste Bank through the research of financial and operational analysis and to identify specific solutions for the organization itself.

Keywords: Bank, Analysis, Research

1. ПОЈАМ БАНКА

Пословне или комерцијалне банке су највећа и најзначајнија група депозитних финансијских институција. Њихова основна функција је прикупљање депозита и “производња” или креирање кредита. То је основна посредничка институција система индиректног финансирања. Поред депозита, постоје и кредитни извори које банке користе: различите позајмице од централне банке, других банака или приход од продаје обвезница.

Ерсте банка припада групи комерцијалних банака. Наравно, да би се нека институција могла сматрати банком, и да обаља банкарске послове, мора да испуњава одређене критеријуме:

- Прикупљање депозита и прибављање других средстава
- Одобравање кредита
- Обављање платног промета

Основна делатност комерцијалне банке је кредитирање. Сва 3 набројана критеријума се дешавају свакодневно током радног времена филијала, у мањој или већој мери, у зависности од радног дана.

Међутим, развојем интернета и информационих технологија, развијају се и банке. Тако да се уместо поделе на комерцијалне и инвестиционе банке, доводи и трећа група, универзалне банке.

2. ПОЈАМ ПРОЈЕКАТ

Пројекат је скуп задатака који се морају завршити у оквиру дефинисаног временског оквира да би се постигао одређени скуп циљева. Ове задатке обавља група људи познатих као пројектни тим, који води пројектни менаџер, који надгледа планирање, заказивање, праћење и успешан завршетак пројектата.

За креирање успешног пројектата неопходно је узети у обзир следеће 3 димензије:

- Обим – шта се жели постићи овим пројектом?
- Време – Колико времена је потребно за успешну имплементацију?
- Трошкови – Колики су реални трошкови пројектата?

Живорни циклус пројектата има углавном 4 основне фазе:

1. Фаза иницијализације пројектата
2. Фаза планирања и развоја
3. Фаза имплементације пројектата
4. Фаза завршетка пројектата

3. ЕРСТЕ БАНКА

Ерсте банка је у Србији настала тако што је Ерсте Група купила Новосадску банку, најстарију финансијску институцију на територији Републике Србије. Ова аквизиција је извршена 2005. године и од тада Ерсте банка почиње са радом.

Тренутно, поседује више од 1.200 запослених у 87 филијала у 50 градова широм Србије који свакодневно раде на даљем унапређењу корисничког искуства клијената и јачању њиховог задовољства.

Тренутни циљ Ерсте банке јесте да буде једна од лидера на тржишту Републике Србије, а као разлоге наводе:

- Активан рад на унапређењу финансијског здравља клијената и запослених
- Континуирано пружајући најбоље корисничко искуство клијентима
- Усмерени ка задовољењу потреба и амбиција својих клијената помоћу напредних технологија

4. ФИНАНСИЈСКО ИЗВЕШТАВАЊЕ

Финансијски извештаји представљају непосредан производ система рачуноводственог извештавања који по својој суштини и намени одликавају перформансе (остварења) предузећа за одређени временски период, његову финансијско-структурну позицију, као и положај ликвидности на изабрани дан

Напомена:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је била др Андреа Иванишевић, ред.проф.

билансирања. Основна сврха њиховог постојања је због информисања различитих интересних група (стејкхолдера) који се у процесу важних пословних одлука ослањају на финансијске извештаје, некад и као једини доступни извор информација.

Углавном се финансијски извештаји презентују обавезно на крају пословне године, у појединим гранама индустрије то могу да буду и краћи интервали, у виду полугодишњих или кварталних извештаја.

Средства која се користе за одређивање финансијског стања и успешности предузећа зову се **рацио показатељи**.

4.1. Корисници финансијских извештаја

Примарно, финансијски извештаји су усмерени ка стејкхолдерима (екстерним корисницима), пошто они за њих често представљају једини информациони извор о финансијском положају и успеху организације. Корисник је такође и менаџмент организације али они, по природи ствари, располажу и другим информацијама релевантним за управљање организацијом.

Најважнији корисници информација садржаним у финансијским извештајима спадају:

- Менаџмент
- Запослени
- Садашњи и потенцијални акционари
- Кредитори
- Пословни партнери (добављачи, купци, конкуренција)
- Државни органи



СЛИКА 1 КОРИСНИЦИ ФИНАНСИЈСКИХ ИЗВЕШТАЈА

4.2. Биланс стања

Биланс стања, једноставно речено, представља финансијски извештај у оквиру кога се приказују на једној страни **актива** (билансна имовина предузећа), а на другој страни **пасива** (извори финансирања билансне имовине) на изабрани дан билансирања.

С обзиром да се на једној страни налази имовина, а на другој извори финансирање те имовине, разумљиво је да између ове 2 стране биланса стања (актива и пасива) увек постоји једнакост, односно резултат са обе стране мора да буде исти.

Најосновнија, и најједноставнија формула гласи:

$$\text{Имовина} = \text{Сопствени Капитал} + \text{Обавезе}$$

Актива садржи сву имовину организације, која се дели на обртну (обрт траје краће од годину дана) и сталну (имовина која остаје дуже од годину дана)

имовину. **Пасива** садржи изворе финансирања, који могу бити сопствени (капитал) и позајмљени (обавезе) извори финансирања.

У наредној табели имамо пример биланса стања Ерсте банке у периоду 2019.-2023. године.

ТАБЕЛА 1 БИЛАНС СТАЊА ЕРСТЕ БАНКЕ

BILANS STANJA					
АКТИВА	2019	2020	2021	2022	2023
I СТАЛНА ИМОВИНА	47,196,026	62,033,185	74,343,419	79,115,515	89,420,017
Хартије од вредности	41,531,585	49,554,573	58,499,723	55,286,189	58,729,325
Нематеријална улагања	93,560	4,716,038	93,560	6,323,014	93,560
Некретнине, постројења и опрема	3,617,106	4,173,294	4,755,401	6,345,175	7,404,577
Дугорочни финансијски пласмани	1,953,775	3,589,280	10,994,735	11,161,137	23,192,555
II ОБРТНА ИМОВИНА	184,012,995	224,621,721	244,779,153	272,861,515	289,419,147
Краткорочна потраживања и пласмани	160,829,494	188,082,044	203,616,892	217,007,877	227,402,294
Готовина и готовински еквиваленти	21,855,375	35,402,648	39,929,947	54,676,263	60,299,087
Остала средства	1,328,126	1,137,029	1,232,314	1,177,375	1,717,766
III АВР	241,311	348,886	474,799	483,728	397,732
IV ПОСЛОВНА ИМОВИНА	231,450,332	287,003,792	319,597,371	352,460,758	379,236,896
V ГУБИТАК ИЗНАД ВИСИНЕ КАПИТАЛА	0	0	0	0	0
VI УКУПНА АКТИВА	231,450,332	287,003,792	319,597,371	352,460,758	379,236,896
ПАСИВА	2019	2020	2021	2022	2023
I КАПИТАЛ	31,823,653	32,929,032	37,300,391	42,404,464	48,245,487
Акцијски капитал	15,462,944	15,462,944	17,812,004	21,325,154	21,325,154
Сопствене акције	0	0	0	0	0
Резерве из добити	13,680,943	16,132,826	17,079,226	18,734,938	21,373,259
Нераспоређена добит	2,679,766	1,333,262	2,409,161	2,344,372	5,547,074
Губитак	0	0	0	0	0
II ДУГОРОЧНА РЕЗЕРВИСАЊА	740,087	1,288,223	1,656,101	1,938,039	1,532,540
III ОБАВЕЗЕ	198,709,828	252,786,537	280,531,232	308,091,917	329,064,194
Дугорочне обавезе	69,236,125	69,663,036	64,621,976	69,566,092	60,694,352
Краткорочне обавезе	126,407,953	175,995,703	208,904,371	227,765,769	255,444,374
Остале обавезе	3,065,750	7,127,798	7,004,885	10,760,056	12,925,468
IV ПВР	176,764	0	109,647	26,338	394,675
V УКУПНА ПАСИВА	231,450,332	287,003,792	319,597,371	352,460,758	379,236,896

- У хиљадама динара

Кроз табелу можемо да закључимо да у активи обртна имовина (70-80%) чини највећи проценат, затим следи стална имовина (20-30%) док су активна временска разграничења око 1% током свих 5 година.

Што се тиче пасиве, обавезе чине око 85%, из разлога што банка највише ради са позајмљеним капиталом и због тога овај резултат не треба да чуди, следи капитал са 10-15% и дугорочна резервисања и пасивна временска разграничења чине миноран део пасиве.

4.3. Биланс успеха

Биланс успеха представља финансијски извештај у коме се, по унапред утврђеним правилима, пореде **приходи** (порастането имовине) и **расходи** (смањењето имовине) са циљем утврђивања успеха или неуспеха организације у одабраном обрачунском периоду.

Добитак или губитак настаје као последица прираста или смањење сопственог капитала који настаје као последица предузиманих активности током одређеног периода, био он успешан или не.

Оба оба биланса су повезана, будући да се добитак или губитак из биланса успеха пребацује у биланс стања под ставком Нераспоређена добит.

У табели 2 имамо биланс успеха Ерсте банке у периоду од 2019.-2023.

ТАБЕЛА 2 БИЛАНС УСПЕХА ЕРСТЕ БАНКЕ

БИЛАНС УСПЕХА					
	2019	2020	2021	2022	2023
I УКУПАН ПРИХОД	13,558,499	14,182,340	15,772,946	19,073,924	28,328,088
Пословни приходи	9,386,915	10,152,958	11,021,213	13,449,523	21,947,005
Приходи од камата	9,386,915	10,152,958	11,021,213	13,449,523	21,947,005
Финансијски приходи	3,202,412	3,060,988	4,398,686	5,016,127	5,534,001
Приходи од накнада и провизија	2,842,764	3,060,988	4,141,030	4,994,549	5,406,192
Приходи од финансијских инструмената	359,648	0	257,656	21,578	127,809
Остали приходи	969,172	968,394	353,047	608,274	847,082
Приходи од курсних разлика	424,942	630,521	0	66,954	0
Остали приходи	544,230	337,873	353,047	541,320	847,082
II УКУПАН РАСХОД	10,720,857	12,968,069	13,257,946	16,688,828	22,368,502
Пословни	2,066,080	1,991,968	2,058,505	3,245,537	7,322,903
Расходи од камата	2,066,080	1,991,968	2,058,505	3,245,537	7,322,903
Финансијски расходи	3,874,224	4,396,762	4,758,415	5,182,290	6,239,301
Расходи од накнада и провизија	1,075,667	1,154,532	1,395,893	1,644,525	1,769,931
Расходи од финансијских инструмената	0	112,198	0	0	0
Трошкови зарада	2,240,274	2,507,490	2,681,758	2,874,407	3,496,988
Трошкови амортизације	558,283	622,542	680,764	663,358	972,382
Остали расходи	4,780,553	6,579,339	6,441,026	8,261,001	8,806,298
Расходи од курсних разлика	0	0	204,561	0	56,821
Остали расходи	4,780,553	6,579,339	6,236,465	8,261,001	8,749,477
III БРУТО ДОБИТАК	2,837,642	1,214,271	2,515,000	2,385,096	5,959,586
Порез на добитак	157,876	118,991	105,839	40,724	412,512
IV НЕТО ДОБИТ	2,679,766	1,095,280	2,409,161	2,344,372	5,547,074

- У хиљадама динара

У овом билансу уочавамо да пословни приходи чине највећу групу у укупном приходу и да се сви константно повећавају из године у годину.

Међутим, исто тако се и расходи константно увећавају али ипак недовољно да би банка пословала у минусу. Занимљиво, овде највећу групу чине остали расходи, затим финансијски па тек онда пословни расходи, иако разлике нису толико велике.

Оно што је за банку најважније јесте да током свих 5 година има нето добитак у плусу, уз то добитак константно расте кроз године што је одличан знак.

5. РАЦИО АНАЛИЗА

У овом делу ће бити приказани сви рацио показатељи који су израчунати током израде мастер рада, а тичу се петогодишњих финансијских извештаја Ерсте банке.

ТАБЕЛА 3 РАЦИО АНАЛИЗА ЕРСТЕ БАНКЕ

РАЦИО ЛИКВИДНОСТИ	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Коефицијент опште ликвидности	1.46	1.40	1.31	1.27	1.21
Коефицијент редукване ликвидности	1.45	1.29	1.22	1.24	1.22
Коефицијент тренутне ликвидности	0.17	0.20	0.19	0.24	0.24
РАЦИО СОЛВЕНТНОСТИ	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Рацио покрића сталне имовине	0.33	0.25	0.24	0.27	0.24
Рацио покрића реалне имовине	2.15	1.67	1.38	1.43	1.23
Рацио покрића обртне имовине	0.30	0.19	0.12	0.13	0.07
НОК-ом	6.24	7.68	7.52	7.27	6.82
РАЦИО АНАЛИЗА ЕФИКАСНОСТИ УПРАВЉАЊА ИМОВИНОМ И ИЗВОРИМА	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Рацио обртна пословне имовине	0.06	0.05	0.05	0.05	0.07
Рацио обрта капитала	0.88	0.92	0.89	0.89	1.33
Рацио обрта обртне имовине	0.07	0.06	0.06	0.07	0.10
Рацио обрта потраживања од купца	0.08	0.08	0.08	0.09	0.12
РАЦИО ПРОФИТАБИЛНОСТИ	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Стопа бруто пословног добитка	22.54%	9.19%	16.31%	12.92%	21.69%
Стопа нето добитка после опорезивања	21.29%	8.29%	15.62%	12.70%	20.19%
РАЦИО ЕКОНОМИЧНОСТИ	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Рацио економичности укупног пословања	1.26	1.09	1.19	1.14	1.27
Рацио економичности редовног пословања	2.12	2.07	2.26	2.19	2.03
Рацио економичности финансирања	0.83	0.70	0.92	0.97	0.89
РАЦИО РЕНТАБИЛНОСТИ	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Return on Assets (ROA)	1.16%	0.38%	0.75%	0.67%	1.46%
Return of Equity (ROE)	8.42%	3.33%	6.46%	5.53%	11.50%
Return on Sales (ROS)	21.29%	8.29%	15.62%	12.70%	20.19%
АНАЛИЗА ЛЕВЕРИЦА	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Пословни леверџ	1.58	2.84	1.94	2.93	1.61
Финансијски леверџ	1.73	3.70	2.24	6.51	1.44
Фактор сложеност леверџа	2.73	10.53	4.34	19.05	2.31
Коефицијент сопственог финансирања	13.75%	11.47%	11.67%	12.03%	12.72%
Фактор задужености	85.85%	88.08%	87.78%	87.41%	86.77%

6. SWOT АНАЛИЗА

SWOT анализа је алат који помаже организацијама да сагледају своје унутрашње и спољашње факторе који утичу на пословање. Акроним SWOT означава **снаге (Strengths)**, **слабости (Weaknesses)**, **прилике (Opportunities)** и **претње (Threats)**. Циљ ове анализе је да пружи свеобухватан увид у тренутну позицију организације и омогући доношење стратешких одлука. У наставку смо идентификовали све факторе везане за Ерсту банку

6.1. Снаге

- Снажна подршка малим и средњим предузећима
- Приступачне каматне стопе и флексибилни кредитни услови
- Разноврсна понуда производа и услуга
- Иновативни дигитални производи
- Стабилност и међународна подршка

6.2. Слабости

- Ограничена мрежа филијала
- Спорост у усвајању нових технологија
- Виши трошкови за поједине услуге

- Ограничења у персонализацији производа и услуга

6.3. Прилике

- Повећање фокуса на мала и средња предузећа
- Ширење дигиталних услуга и *fintech* сарадње
- Диверсификација кроз нове инвестиционе производе и услуге
- Фокус на одрживост и зелене финансије
- Креирање персонализованих услуга и корисничко искуство

6.4. Претње

- Претње са стране лошег корисничког искуства
- Улазак нових конкурената и регионална тржишна динамика
- Нетрадиционална конкуренција
- Макроекономска нестабилност
- Регулаторне промене и други економски фактори

7. ПРОБЛЕМИ НА ОСНОВУ ФИНАНСИЈСКИХ ПЕРФОРМАНСИ

Преко рачуна анализа смо идентификовали 5 главних проблема са којима се Ерсте банка суочава:

1. Проблем са одржавањем ликвидности на стабилном нивоу
2. Пад покрића реалне имовине кроз задњих 5 година
3. Константан пад вредности нето обртног капитала током година
4. Рацио задужености има превише осцилација
5. Превише имовина (пословне и укупне) и потраживања у односу на приходе од продаје, изузев обрта капитала који једини има индустријски просек

Ипак, треба нагласити и предности:

1. Профитабилност је стабилна током свих 5 година
2. Ерсте банка је економична организација
3. Рацио покрића реалне и сталне имовине је стабилна и у оквиру просека гране
4. Анализа левериџа је задовољавајућа

8. ПРОБЛЕМИ НА ОСНОВУ ОПЕРАТИВНИХ ПЕРФОРМАНСИ

На основу *SWOT* анализе и искуства аутора у раду у Ерсте банци, идентификовани су оперативни проблеми а то је имплементација новог информационог система који је трајао 6 година, иако је требало да се заврши у року од 2 године. Због тога је трпело и пословање, с обзиром да је већи број запослених био задужен само за пројекат па је за редовно пословање фалило особља које би измириле све потребе клијената на време.

Исто тако, фокус је био само на пројекту па се занемарило иновирање у своје производе и услуге и ту је конкуренција одмакла од Ерсте банке, јер

видимо да недостају иновативније и персонализоване услуге.

9. ЗАКЉУЧАК

На основу свега изнетог, може се закључити да је Ерсте банка успешно акционарско друштво, које је током свог највећег подухвата успела да остане у границама успешног пословања и да поред својих проблема успешно реализује *LIFT* пројекат. Да ли ће бројке остати овакве или ће бити позитивних или негативних промена, остаје нам да видимо када се објаве финансијски извештаји за 2024. годину, а можда и то буде недовољно да видимо да ли ће последице овог пројекта бити позитивне или негативне и да треба више година да би се анализирао успех или неуспех пројекта.

10. LITERATURA

[1] Др Васиљевић М., др Васиљевић Б., др Малинић Д. “Финансијска тржишта”, Комисија за хартије до вредности, Београд, 2008. године

[2] Марић Б., Иванишевић А. “Економика предузећа”, ФТН издаваштво. Нови Сад, 2016.

[3] James C. Van Horne, John M. Wachovicz Jr. “Основе финансијског менаџмента”, Тринаесто издање

Kratka biografija:



Марко Чича рођен је у Новом Саду 1998. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Индустријско инжењерство и менаџмент – Анализа финансијских и оперативних перформанси Ерсте банке одбранио је 2024. године. контакт: marko.cica77@gmail.com

OPTIMIZACIJA PROIZVODNJE KABLOVA KROZ PRIMENU LEAN ALATA I ALATA KVALITETA U AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJI

OPTIMIZATION OF CABLE PRODUCTION THROUGH THE APPLICATION OF LEAN TOOLS AND QUALITY TOOLS IN THE AUTOMOBILE INDUSTRY

Dušan Volarević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad analizira problem nemogućnosti pomeranja feritnog prstena preko kabla, identifikuje glavne uzroke i predlaže rešenja za minimiziranje ovog problema u proizvodnom procesu. Korišćene su metode kao što su Brainwriting, Ishikawa dijagram, FMEA analiza, metoda "5 zašto", Poka-Yoke i DMAIC ciklus kako bi se utvrdili uzroci problema, kao što su neadekvatna veličina prstena i nedovoljna dokumentacija, i razvile strategije za njihovo otklanjanje. Predložene mere uključuju poboljšanje procedura kontrole dokumentacije i obuku zaposlenih, čime se postiže značajno smanjenje učestalosti problema i povećanje efikasnosti proizvodnog procesa..

Ključne reči: Feritni prsten, Brainwriting, Ishikawa dijagram, FMEA analiza, 5 zašto metoda, Poka-Yoke, DMAIC ciklus, kontrola kvaliteta

Abstract – This paper analyzes the problem of the impossibility of moving the ferrite ring over the cable, identifies the main causes and proposes solutions to minimize this problem in the production process. Methods such as Brainwriting, Ishikawa diagram, FMEA analysis, "5 Whys" method, Poka-Yoke and DMAIC cycle were used to determine the causes of problems, such as inadequate ring size and insufficient documentation, and develop strategies to eliminate them. The proposed measures include improvement of documentation control procedures and employee training, which achieves a significant reduction in the frequency of problems and an increase in the efficiency of the production process.

Keywords: Ferrite Ring, Brainwriting, Ishikawa Diagram, FMEA Analysis, 5 Why Method, Poka-Yoke, DMAIC Cycle, Quality Control

1. UVOD

Kvalitet u proizvodnji je od ključnog značaja za uspeh i održivost organizacija, posebno u industrijama gde su preciznost i pouzdanost presudni za ispunjavanje zahteva tržišta. Ovaj rad istražuje uzroke i rešavanje problema u proizvodnom procesu kroz primenu različitih metoda poput Brainwriting-a, Ishikawa dijagrama, FMEA i 5 zašto, čime se identifikuju i procenjuju kritični uzroci grešaka.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Marina Janković.

Fokus je na kontinuiranom poboljšanju procesa i povećanju efikasnosti primenom sistematskih alata kvaliteta. Pored toga, korišćena je Poka-Yoke tehnika za sprečavanje grešaka i DMAIC ciklus za kontinuirano unapređenje procesa. Rad predstavlja rezultate primene ovih metoda, uključujući smanjenje broja grešaka, optimizaciju resursa, poboljšanje performansi proizvodnje i unapređenje zadovoljstva kupaca..

2. PREDMET ISTRAŽIVANJA

Predmet istraživanja u ovom radu je analiza problema nemogućnosti pomeranja feritnog prstena preko kabla u procesu proizvodnje. Feritni prstenovi su ključni za smanjenje elektromagnetnih smetnji i poboljšanje performansi uređaja, ali nepravilna instalacija može dovesti do ozbiljnih poteškoća kao što su kvarovi i smanjenje kvaliteta proizvoda. Istraživanje ima za cilj identifikaciju uzroka kao što su nepravilna dimenzija prstena ili nedostatak obuke, i procenu efikasnosti postojećih procesa. Koriste se metode kao što su Brainwriting, Ishikawa dijagram, FMEA analiza, i DMAIC ciklus, sa ciljem razvoja efikasnih preventivnih mera i unapređenja proizvodnog procesa.

3. POJAM FERITNI PRSTEN

Feritni prsten je elektronska komponenta koja se koristi za upravljanje elektromagnetnim poljima i suzbijanje elektromagnetskih smetnji [5]. Izrađen je od feritnog materijala, specifičnog keramičkog materijala koji sadrži gvožđe i druge metalne okside, i ima visoku električnu rezistenciju i permeabilnost za magnetsko polje, što ga čini pogodnim za elektronske i elektroenergetske aplikacije [5]. Njegova funkcija je apsorpcija visokofrekventnih elektromagnetnih smetnji, smanjujući njihov uticaj na druge uređaje ili signale. Prsten se postavlja na kabl, obično u blizini izvora smetnji ili osetljivih uređaja.

Feritni prstenovi se koriste u raznim uređajima, uključujući računare, antenske sisteme i medicinske instrumente, gde osiguravaju stabilnost signala i smanjuju elektromagnetne interferencije [8]. Izrađuju se sinterovanjem praha koji sadrži metalne okside, poput gvožđa, mangana i cinka, procesom koji osigurava efikasno upijanje elektromagnetnih talasa i prilagođavanje svojstava specifičnim aplikacijama. [8].

4. METODOLOGIJA

Metode koje će se koristiti u ovom radu za analizu i rešavanje problema su :

- Brainwriting metoda
- Ishikawa dijagram
- FMEA metoda
- Metoda 5 zašto
- Poka Joke
- Lean 6 Sigma (DMAIC ciklus)

Kombinacija ovih metodologija će pružiti sveobuhvatnu analizu problema sa feritnim prstenom i omogućiti efikasno rešavanje problema sa ciljem poboljšanja procesa montaže i pomeranja prstena preko kabla.

4.1. Brainwriting

Brainwriting, takođe poznat kao zapisivanje misli, predstavlja strategiju generisanja ideja koja se koristi za razvoj inovativnih rešenja za različite vrste problema. Brainwriting tehnika podrazumeva pisanje ideja umesto njihovog verbalnog iznošenja. Ova metoda obično rezultira većim brojem predloga na kraju procesa, budući da je posebno pogodna za članove tima koji su introvertniji i skloniji izražavanju kroz pisane komentare [1].

4.2. Isikawa dijagram

Dijagram Uzroci-Posledica je metodologija za jedinstvenu analizu veze između određenog stanja u sistemu (posledice) i uticajnih faktora koji dovode do pojave tog stanja (uzroka) [2]. U centralnom delu dijagrama, povezuju se glavne kategorije prema principu, obično koristeći 4M (Ljudi, Metode, Mašine, Materijal) ili 7M, gde se dodaju uticaji marketinga, menadžmenta i novca. Svakoj kategoriji dodaju se uzroci koji spadaju u istu tu kategoriju i koji mogu izazvati posledicu. Jedna kategorija može imati i više podkategorija, kojima se takođe dodaju uzroci [1].

4.3. FMEA metoda

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), ili analiza načina i efekata otkaza, je sistematska metoda za identifikaciju problema, procenu i smanjenje rizika, sa ciljem sprečavanja problema pre nego što se pojave. Ova metoda se može primenjivati kako na proizvode tako i na procese [2]. FMEA se posebno fokusira na prevenciju odstupanja i povećanje nivoa sigurnosti.

Procena rizika nastanka odstupanja se vrši uzimajući u obzir tri ključna faktora [2] :

1. Ozbiljnost posledica - potencijalne posledice odstupanja ukoliko do njega dođe.
2. Verovatnoća pojave - verovatnoća da će se odstupanje desiti ili da će se ponoviti.
3. Mogućnost identifikacije - verovatnoća da će odstupanje biti detektovano pre nego što se manifestuju njegove posledice

4.4. Metoda 5 zašto

Metoda poznata kao Pet zašto (5 zašto) je pristup za analizu problema koji ima za cilj istraživanje korena problema i njegovih posledica. Osnovni cilj je identifikovati osnovni uzrok otkaza ili problema postavljanjem niza pitanja "Zašto?" [4].

4.5. Poka Joke

Poka-joke je japanski izraz koji se prevodi kao "izbegavanje slučajnih grešaka." Ovu metodu je formalizovao Shigeo Shingo, jedan od pionira u oblasti lean proizvodnje. Poka-joke se koristi za sprečavanje

grešaka u procesu proizvodnje, čineći ih očiglednim i lakim za identifikaciju čim se pojave [7].

4.6. Lean 6 sigma (DMAIC ciklus)

Osnova LEAN 6 SIGMA logike i pristupa u rešavanju postojećih problema je sistematizovana kroz proces od pet faza pod nazivom "DMAIC", što je akronim za Definisanje, Merenje, Analiziranje, Poboljšanje i Kontrola. [6].

5. OPIS ORGANIZACIJE

Za izradu ovog rada korišćene su informacije iz firme „Eurozeit d.o.o” koja se nalazi u Sremskoj Mitrovici. Eurozeit d.o.o je preduzeće koje se bavi proizvodnjom, sklapanjem i montažom žica / kablova u automobilske industriji. Osnovana je 2007. godine. Od marta 2008. godine upravlja proizvodnjom, ugradnjom i montažom kablova za automobilske industrije. Proizvode kablove koji se ugrađuju u auto sedišta najvećih proizvođača automobila [3]. Rade kao outsourcing kompanija za automobilske TIER i proizvodimo kablove za ugradnju u auto sedišta najvećih proizvođača automobila.

Lokacija firme je Železnička 42 u Sremskoj Mitrovici i broji oko 400 zaposlenih.

6. OPIS IZABRANOG RADNOG MESTA

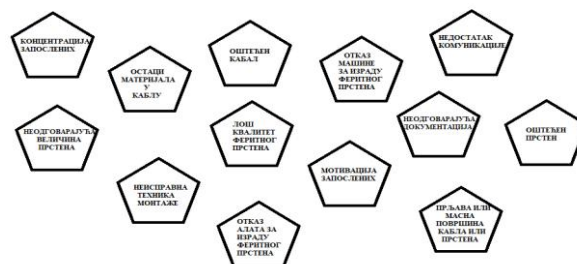
Sam proces sklapanja kabla sastoji se od sledećih operacija, u nastavku ukratko objašnjen postupak sklapanja kabla:

1. Priprema materijala
2. Poluautomatsko krimpovanje
3. Mikro grafička laboratorija
4. Feneriranje
5. Postavljanje feritnog prstena
6. Mašine za zavijanje trake: Ondal i KTR10
7. Lemljenje
8. Manuelna montaža
9. Konačna inspekcija i testiranje
10. Pakovanje i skladištenje

7. PRIMENA METODA

7.1. Brainwriting

Brainwriting metoda je primenjena sa ciljem da se identifikuje što veći broj potencijalnih problema koji se javljaju u proizvodnji i utiču na glavni problem, odnosno nemogućnost pomeranja feritnog prstena. Na slici 1 prikazane zapisane ideje.



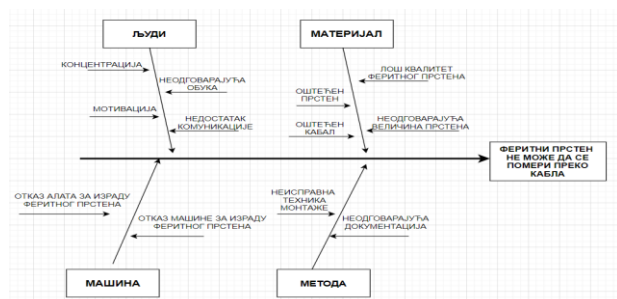
Slika 1. Prikaz Brainwriting metode

Rezultat ove metode je veliki broj identifikovanih problema koji se mogu javiti u proizvodnji, a koji su vezani

za mašine, materijal, zaposlene i metode. U nastavku, rezultati će biti razvrstani po grupama u Ishikawa dijagramu.

7.2. Isikawa dijagram

Ishikawa dijagram je primenjen sa ciljem da poveže uzroke koji dovode do pojave problema i njegovih posledica .Na slici 2 prikaza Isikawa dijagram i potencijalni uzroci problema.



Slika 2. Prikaz Isikawa dijagrama

Zaključak ove analize ukazuje na to da su otkazi mašina i alata, kao i loš kvalitet ili oštećenja na kabl i prstenu, uzroci koji dovode do nemogućnosti pomeranja feritnog prstena preko kabla. Takođe, nedostatak obuke radnika, njihova niska motivacija ili nedostatak koncentracije mogu značajno uticati na pojavu problema. Sa druge strane, neispravna tehnika montaže ili neodgovarajuća dokumentacija takođe igraju važnu ulogu u pojavi ovog problema

7.3. FMEA metoda

FMEA analiza je primenjena sa ciljem identifikacije problema, kao i dubljeg razumevanja uzroka i efekata potencijalnog problema. Glavni razlog korišćenja ove metode je prioretizacija uzroka i planiranje mera za njihovo sprečavanje. Na slici 3 izdvojeni i ocenjeni svi mogući uzroci problema.

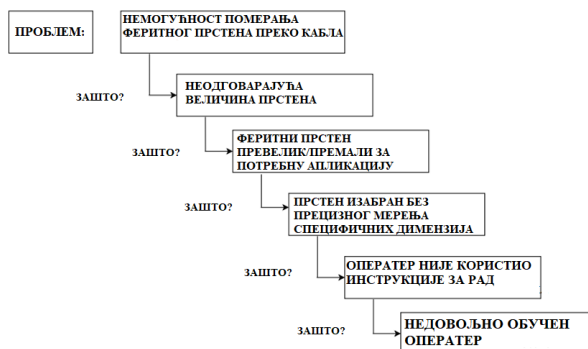
R.6	Deo i funkcija	Potencijalni uzroci Otkaza	Potencijalni efekti Otkaza	Takva	Potencijalni uzroci Otkaza	Uticajnost	Trenutni kontrolni, Prevencija	Trenutni kontrolni, Detekcija	Detekcija	RPN
1.	Koncentracija zaposlenih	Preopterećenost radnika	Smanjena efikasnost	4	Veliki obim Posla	3	Obuka	Pravilne produktivnosti, sistematski pristup	2	24
2.	Motivacija zaposlenih	Lošiji uslovi rada	Smanjena efikasnost	4	Nedostatak Finansiranja, Nedostatak nadzora	3	Bonusi, promeni produktivnosti	Pravilne dokumentacije i individualni razgovori	2	24
3.	Nedostatak komunikacije	Loši međusobni odnosi	Smanjena efikasnost, povećan broj grešaka u proizvodnji	4	Nedostatak radnih obilježja	3	Obuka	Pravilne uslova i nezavisnog razgovora	2	24
4.	Neispravna obuka	Nedostatak vremena	Smanjena efikasnost, povećan broj grešaka u proizvodnji	4	Nedostatak broj ljudi	5	Definisane potrebne veštine i znanja i kvalitativna obuka	Popravke informacije od klijenta i nadležnih, pravilne produktivnosti	2	40
5.	Neodgovarajuća veličina prstena	Potencijalne parametara na osnovu	Kabel ne može proći kroz prsten, prsten oštećen od kablova	8	Nedostatak obuke radnika	5	Obuka	Refinansirani uslovi, merenje proizvoda	2	80
6.	Loš kvalitet feritnog prstena	Loši dobavljači	Lošiji kvalitet prstena	8	Nedostatak informacija o dobavljaču	2	Kusovani od pouzdanih dobavljača	Visokom inspekcijom, Testiranjem performansi	2	32
7.	Oštećenje prstena	Loši skladišteni, Transport	Nemoćnost utrađene	8	Postupak skladištenja i transporta nije definisan ili nije ispunjen od strane radnika	2	Obuka preko instruktiranja za rad	Uzroci i izlazi kontrola	2	32
8.	Oštećenje kabla	Loši skladišteni, Transport	Nemoćnost utrađene	8	Postupak skladištenja i transporta nije definisan ili nije ispunjen od strane radnika	2	Obuka preko instruktiranja za rad	Uzroci i izlazi kontrola	2	32
9.	Otkaz alata za izradu prstena ferita	Brzina pokret alata	Zastoj u proizvodnji	2	Nedostatak obuke radnika, nedostatak finansiranja	3	Redovno održavanje	Redovno održavanje	3	18
10.	Otkaz mašine za izradu prstena ferita	Zagrijavanje prstena	Zastoj u proizvodnji	2	Nedostatak obuke radnika, nedostatak finansiranja	3	Redovno održavanje	Redovno održavanje	3	18
11.	Neispravna tehnika montaže	Nepravilno postavljanje feritnog prstena	Reklamacija	4	Loša obuka, greška u dokumentaciji	2	Obuka	Visokom inspekcijom, Testiranjem performansi	2	16
12.	Neodgovarajuća dokumentacija	Loša komunikacija i nedostatak zaposlenih	Potencijalne u identifikaciju problema klijera	8	Neodgovarajuća veličina prstena	2	Organizacija i akuriranje dokumentacije	Revidira i validacija	4	72

Slika 3. Prikaz FMEA metode

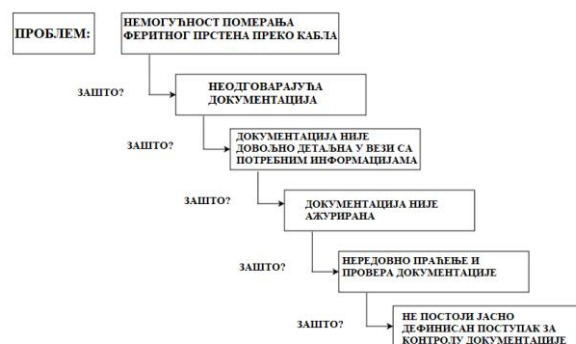
Na osnovu FMEA analize, identifikovana su dva najznačajnija potencijalna rizika koja zahtevaju pažnju i intervenciju: neodgovarajuća dokumentacija i neodgovarajuća veličina feritnog prstena na kabl.

7.4. Metoda 5 zašto

Metoda "5 zašto" primenjena je sa ciljem da se dublje razume problem i identifikuje njegov koren koji je potrebno rešiti. Na slikama 4 i 5 prikazan postupak dolaženja do korena samog problema.



Slika 4. Prikaz metode 5 zašto -problem 1



Slika 5. Prikaz metode 5 zašto -problem 2

Na osnovu analize "5 zašto", identifikovana su dva suštinska korena problema koji se ističu kao ključni izazovi u radnom okruženju.

7.5. Poka Joke

Korišćenjem Poka-Yoke metode, teži se osiguranju da se feritni prstenovi pravilno postave svaki put, čime se minimizuje mogućnost grešaka i poboljšava kvalitet krajnjeg proizvoda.

Aktivna Poka-Yoke mera sa obeležavanjem linija na kabl (Slika 6) predstavlja ključnu strategiju u procesu montaže, usmerenu na sprečavanje grešaka i poboljšanje kontrole kvaliteta. Na kabl su jasno označene linije ili zone koje precizno definišu putanju kojom prsten treba da se kreće.



Slika 6. Obeležene putanje kretanja prstena

7.6. Lean 6 sigma (DMAIC ciklus)

Primena DMAIC ciklusa omogućava sistematski pristup rešavanju problema, uz primenu svih prethodno izvedenih analiza, koje će se organizovati po koracima i dodatno analizirati.

Rezultat primene DMAIC ciklusa jeste sistematska analizu i rešavanje problema, što dovodi do poboljšanja performansi i smanjenja varijacija u procesima. Na slici 7 prikazan postupak unapređenja. Ovo poboljšava kvalitet proizvoda, povećava zadovoljstvo kupaca i stvara kulturu kontinuiranog unapređenja unutar organizacije.

Р.б	Део и функција	Потенцијални и начини Отказа	Потенцијални ефекти Отказа	Потенцијални узроци отказа	Текмина	Учесталост	Тренутне контроле, Превенција	Тренутне контроле, Детекција	Детекција РПН	Препоручена акција	Текмина	Учесталост	Детекција РПН
1.	Неодговарајућа величина прстена	Полуправне параметра на машини	Кабл не може предати кроз прстен, прстен спада са кабла	Недовољно обучени радници	8	5	Обука	Референтни узорци, мере не пречника	2	Поновна и детаљна обука запослених	8	2	32
2.	Неодговарајућа документација	Лоше колутирање и неодговорност записних	Потенцијално идентификовану проблема казари	Неодговарајућа политика продукција	8	2	Организација и акуратна документација	Ревизија и валидација докумената	4	Увођење процедуре за контролу и ревизију докумената	8	2	32

Slika 7. Prikaz FMEA metode nakon unapređenja

U svakoj proizvodnji, bez obzira na nivo tehnologije i kontrole kvaliteta, greške su neizbežne i predstavljaju normalan deo procesa. Važno je prepoznati da se greške mogu dogoditi i da je ključno kako se sa njima suočavamo i kako ih ispravljamo.

8. ZAKLJUČAK

Zaključak ovog rada fokusira se na analizu problema nepomerivosti feritnog prstena preko kabla i identifikaciju uzroka tog problema. Korišćene su metode poput Brainwriting metode, Ishikawa dijagrama, FMEA metode, 5 zašto metode, Poka-Yoke i DMAIC ciklusa. Glavni problemi identifikovani su u neadekvatnoj veličini prstena i dokumentaciji, a predložene su mere poboljšanja. Primena Poka-Yoke metode smanjila je učestalost grešaka, dok je DMAIC ciklus omogućio strukturiran pristup analizi i rešavanju problema, što je dovelo do poboljšanja kvaliteta proizvoda i procesa..

9. LITERATURA

- [1] Metode i tehnike unapređenja procesa rada, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2012. Godine ,Dr Vojislav Vulcanović, Dr Dragutin Stanivuković
- [2] Prezentacije sa predmeta Metode i tehnike unapređenja kvaliteta, M.Delić
- [3] Zvaničan sajt kompanije Eurozeit Sremska Mitrovica
<https://wp.eurozeit.rs/> (pristupljeno u septembru 2023)
- [4] What are the Five Whys? A Tool For Root Cause Analysis,Tulip
<https://tulip.co/glossary/five-whys/> (pristupljeno u septembru 2023.)
- [5] Feritni prsten- Šta je to, Atomiyne
<https://bs.atomiyne.com/feritni-prsten-sta-je-to-kako-napraviti-feritni-prsten-s-vlastitim-rukama/> (pristupljeno u septembru 2023.)
- [6] Prezentacije sa predmeta Lean 6 sigma, S.Vulanović (pristupljeno u julu 2024.)
- [7] Shingo, S. (1986). Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System. Productivity Press.

[8] Paul, C. R. (2006). Introduction to Electromagnetic Compatibility (2nd ed.). Hoboken, NJ: Wiley.

[9] Prezentacije sa predmeta Proizvodne strategije, dr Aleksandar Rikalović (pristupljeno u julu 2024.)

Kratka biografija:



Dušan Volarević, rođen 18.12.2000. Upisao Industrijsko inženjerstvo 2019. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. U četvrtoj godini se opredelio za smer Kvalitet, efikasnost i logistika. 2023. godine završava osnovne studije. Iste godine upisuje master studije, na istom usmerenju. Trenutno na praksi u kompaniji Grundfos na poziciji inženjer kvaliteta. Kontakt adresa: dusanvolarevic5@gmail.com

**ИНТЕГРАЦИЈА ПРОЦЕНЕ РИЗИКА У ФИНАНСИЈСКЕ МОДЕЛЕ У ЦИЉУ
УСПЕШНИЈЕГ ОДЛУЧИВАЊА****INTEGRATION OF RISK ASSESSMENT INTO FINANCIAL MODELS IN ORDER
TO MAKE MORE SUCCESSFUL DECISIONS**

Ксенија Крмпот, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ИНДУСТРИЈСКО ИНЖЕЊЕРСТВО И
МЕНАѢМЕНТ**

Кратак садржај – Овај рад истражује важност интеграције ризика у финансијске modele ради побољшања процеса пословног одлучивања. Кроз анализу различитих метода као што су Монте Карло симулације, стрес тестирање и моделирање сценарија, рад показује како интеграција ризика омогућава прецизније прогнозе и боље управљање неизвесностима. Примери из праксе, као што су искуства глобалних финансијских институција и корпорација, илуструју како применом ових техника компаније могу смањити губитке и оптимизовати финансијске перформансе. У раду се такође анализирају изазови и ограничења која се јављају приликом имплементације ових модела. Закључно, истиче се да је интеграција ризика кључна за доношење одрживих и информисаних финансијских одлука у савременом пословном окружењу.

Кључне речи: Интеграција процене ризика, финансијски модели, одлучивање

Abstract This paper explores the importance of integrating risk into financial models to improve the decision-making process. Through the analysis of various methods such as Monte Carlo simulations, stress testing and scenario modeling, the paper shows how the integration of risks enables more accurate forecasts and better management of uncertainties. Examples from practice, such as the experiences of global financial institutions and corporations, illustrate how by applying these techniques companies can reduce losses and optimize financial performance. The paper further analyzes the challenges and limitations that arise when implementing these models. In conclusion, it is emphasized that the integration of risks is crucial for making sustainable and informed financial decisions in the modern business environment.

Key words: risk integration, financial models, decision-making

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Ранко Бојанић.

1. УВОД**1.1 Дефиниција и значај финансијских модела и доношења одлука**

Финансијски модели су алати који се користе у свету финансија за доношење одлука, планирање и предвиђање будућих финансијских резултата. Ови модели представљају математичке репрезентације реалних финансијских ситуација и користе се за анализу и процену ризика, процене вредности активе, планирање финансијских токова и доношење стратешких одлука. Одлучивање је суштинска компонента људског понашања, присутна у свим аспектима живота. Финансијско моделовање и менаѢерско одлучивање су два међусобно повезана процеса која играју кључну улогу у успешној управи организацијама. Док финансијско моделовање пружа алате и методологије за анализу и предвиђање финансијских резултата, менаѢерско одлучивање користи те податке за доношење стратешких одлука које обликују будућност организације. Комбинација ова два аспекта ствара снажну основу за рационално и информисано доношење одлука које минимизирају ризик и максимизирају вредност за организацију

1.2 Важност интеграције ризика у финансијске моделе

Интеграција ризика у финансијске моделе представља кључан аспект модерног финансијског управљања и доношења одлука у динамичном пословном окружењу. С обзиром на неизвесности које прате пословање, укључивање ризика у финансијске анализе и прогнозе омогућава доносиоцима одлука да стекну реалнију слику о потенцијалним сценаријима и да на основу тога креирају стратегије које минимизирају негативне утицаје и максимизирају шансе за успех.

1.3 Циљеви и сврха истраживања

Циљеви:

2. Анализа концепта ризика и његовог значаја у финансијском управљању
3. Истраживање метода и техника за интеграцију ризика у финансијске моделе
4. Проучавање утицаја интеграције ризика на процес доношења одлука
5. Разматрање изазова и ограничења у интеграцији ризика у финансијске моделе
6. Примена теоријских налаза у пракси

Сврха рада

Сврха овог рада јесте да допринесе бољем разумевању значаја интеграције ризика у финансијске моделе и да покаже како ова интеграција може значајно унапредити процес доношења одлука у организацијама. Научни допринос рада огледа се у продубљивању знања о методама управљања ризиком и њиховој примени у финансијском моделовању, као и у пружању препорука за побољшање постојећих пракси у овој области. Овај рад има за циљ да покаже да је интеграција ризика не само корисна, већ и неопходна компонента у процесу доношења одлука у савременим организацијама, посебно у окружењима која су подложна високим нивоима неизвесности и комплексности.

1.4 Методологија рада

Методологија овог рада биће осмишљена са циљем да се систематски и свеобухватно истраже сви аспекти интеграције ризика у финансијске моделе и њихов утицај на доношење одлука. Истраживачки приступ комбинује квалитативне и квантитативне методе како би се обезбедила што прецизнија анализа и извлачење релевантних закључака.

2. ТЕОРИЈСКИ ОКВИР ФИНАНСИЈСКИХ МОДЕЛА

Теоријски оквир финансијских модела представља темељ на којем се заснива разумевање финансијских инструмената, вредновање инвестиција, управљање ризиком и доношење кључних одлука у финансијској пракси. Разумевање теоријских основа ових модела је од суштинског значаја за сваког стручњака који се бави финансијским тржиштима. Поред прегледа кључних финансијских модела, биће детаљније објашњено како они функционишу, које податке користе, као и које су њихове предности и ограничења.

2.1 Преглед основних финансијских модела Capital Asset Pricing Model (CAPM)

$$E(R_i) = R_f + \beta_i (E(R_m) - R_f)$$

Arbitrage Pricing Theory (APT)

$$E(R_i) = R_f + b_1F_1 + b_2F_2 + \dots + b_nF_n$$

Black-Scholes модел

$$C = SON(d1) - Xe - rtN(d2)$$

2.2 Процес моделовања и улога података у финансијским анализама

Кораци у процесу финансијског моделовања

- Дефинисање циља и сврхе моделовања
- Прикупљање и обрада података
- Избор и примена модела
- Анализа резултата и верификација модела
- Примена у доношењу одлука

Улога података у финансијском моделовању

- Осигурање тачности и поузданости
- Идентификација ризика и потенцијала
- Квантификовање финансијских показатеља
- Пројекција будућих сценарија

- Доношење информисаних одлука

3. ТЕОРИЈА РИЗИКА И ЊЕГОВЕ КОМПОНЕНТЕ

3.1 Дефиниција и врсте ризика

Ризик представља могућност да се стварни резултати одступе од очекиваних исхода. У финансијском контексту, ризик обухвата неизвесност у вези са будућим догађајима који могу утицати на резултате инвестиција, финансијске пројекције или пословне одлуке. Ризик у финансијама представља могућност да стварни резултати одступе од очекиваних

Основне врсте ризика:

- Тржишни ризик
- Кредитни ризик
- Оперативни ризик
- Правни ризик
- Политички ризик

3.2 Методе квантификације ризика

Варијанса

- Стандардна девијација
- Value at Risk (VaR)
- Conditional Value at Risk (CVaR)
- Симулације и стрес тестови

3.3 Стратегије хеџирања и управљања ризиком

Хеџирање портфолија: Хеџирање портфолија укључује коришћење различитих стратегија и деривата за заштиту укупне вредности инвестиционог портфолија. На пример, инвеститори могу користити опције или фјучерсе како би смањили ризик од пада цена акција у портфолију.

Управљање ризиком обухвата систематски процес идентификације, процене и контроле ризика. Циљ је да се минимизира утицај ризика на организацију или инвестиције. Ово укључује различите стратегије и методе које су применљиве у различитим контекстима

4. МЕТОДЕ ИНТЕГРАЦИЈЕ РИЗИКА У ФИНАНСИЈСКЕ МОДЕЛЕ

4.1 Постојећи приступи интеграцији ризика

- Квантитативни приступ
- Квалитативни приступ
- Хибридни приступ

4.2 Примена стохастичких модела у процени ризика

Стохастички модели играју кључну улогу у процени ризика у савременим финансијама јер омогућавају анализу несигурности и случајних варијабли које утичу на финансијске одлуке.

За разлику од детерминистичких модела, који дају један предвиђени исход, стохастички модели разматрају више могућих исхода и њихове вероватноће, што их чини погодним за анализу сложених и динамичних тржишних услова. У овом поднаслову истражујемо основне принципе стохастичких модела, њихову примену у процени ризика и примере како се ови модели користе у финансијским анализама.

4.3 Интеграција ризика у процес доношења финансијских одлука

Интеграција ризика у процес доношења финансијских одлука је од кључне важности за сваки успешан финансијски систем.

Доношење финансијских одлука подразумева процену сложених финансијских информација, претпоставки и сценарија, што захтева систематско управљање ризиком. Процес укључује идентификацију, мерење, анализу и праћење ризика, како би се оптимизовао однос између очекиваног приноса и прихватљивог нивоа ризика. Интеграција ризика у одлуке омогућава ефикасније управљање ресурсима и смањује вероватноћу нежељених исхода.

5. АНАЛИЗА И ЕВАЛУАЦИЈА ПОСТОЈЕЋИХ МЕТОДА

1. Методе сценарија анализе

Сценарија анализа је један од најчешће коришћених приступа у процени ризика. Она подразумева креирање различитих сценарија који представљају могуће будуће исходе на основу варијација у кључним факторима као што су каматне стопе, цене актива или макроекономски индикатори. Ова метода омогућава финансијским аналитичарима да разумеју потенцијалне импликације на финансијске резултате под различитим условима.

2. Монте Карло симулације

Монте Карло симулације представљају напреднији приступ у интеграцији ризика који укључује насумично генерисање великог броја сценарија на основу вероватносних расподела кључних параметара. Ова метода омогућава квантитативну процену ризика и генерисање расподеле могућих финансијских исхода.

3. Стрес тестирање

Стрес тестирање подразумева процену утицаја екстремних, али реалистичних услова на финансијске резултате, као што су значајне тржишне корекције или макроекономске кризе. Ова метода се често примењује у финансијским институцијама за процену адекватности капитала и ликвидности.

4. Value at Risk (VaR) модел

VaR модел процењује максимални могући губитак на инвестиционом портфељу у одређеном временском периоду при одређеном нивоу поверења. Ова метода је стандардна у процени ризика и широко је примењивана у банкарству и инвестиционим институцијама.

5. Кредитни ризик модели

Кредитни ризик модели се користе за процену вероватноће да дужници неће испунити своје обавезе. KMV модел, на пример, процењује вероватноћу стечаја компанија на основу тржишне вредности капитала и волатилности.

5.1 Компаративна анализа различитих приступа

У овој компаративној анализи, јасно је да свака од ових метода има своје специфичности и да је њихова примена зависна од контекста и потреба организације. Док Монте Карло симулације пружају детаљну и

свеобухватну анализу, њихова сложеност и трошкови могу бити ограничавајући. С друге стране, стрес тестирање и сценарио анализа су једноставнији и флексибилнији, али могу бити недовољни у обухвату свих потенцијалних ризика. На крају, успешна интеграција ризика у финансијске моделе често захтева комбинацију ових приступа како би се постигла балансирана и поуздана процена.

5.3 Студије случаја које илуструју успешне интеграције ризика

Компанија	Врста финансијског модела	Предности након имплементације
JPMorgan Chase	Стрес тестирање и Value-at-Risk (VaR) модели	Повећана способност управљања тржишним ризицима, смањено излагање ризику за 15%, побољшана усклађеност са регулативама и раст поверења инвеститора за 10%.
Goldman Sachs	Монте Карло симулације за управљање портфељем	Оптимизација алокације средстава довела до повећања приноса за 8%, уз смањење ризика губитка за 12%. Повећана стабилност у нестабилним тржишним условима.
IBM	Стохастички модели за управљање валутним ризиком	Умањена осетљивост на флукуације девизних курсева за 20%, омогућено дугорочно планирање финансијских токова са већом прецизношћу.

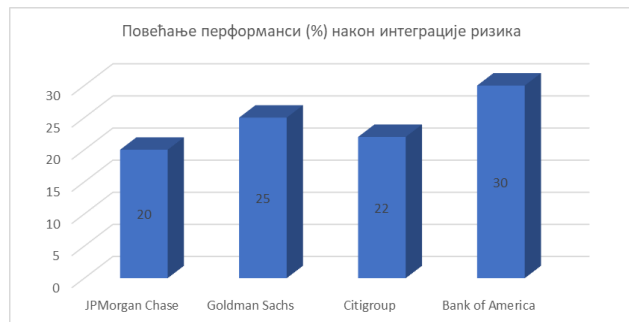
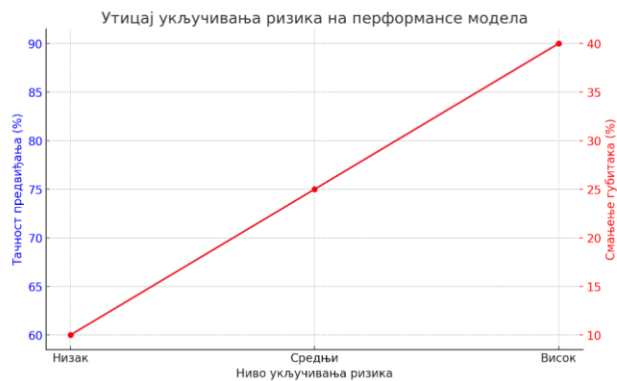
6. ПРЕДНОСТИ И ИЗАЗОВИ ИНТЕГРАЦИЈЕ РИЗИКА У ФИНАНСИЈСКЕ МОДЕЛЕ

Интеграција ризика у финансијске моделе представља кључну компоненту за унапређење процеса доношења одлука, јер омогућава прецизнију процену потенцијалних губитака и користи.

Овај приступ пружа значајне бенефите, као што су боље предвиђање нестабилности и смањење излагања ризицима, чиме се побољшава стабилност пословања. Ипак, постоје изазови као што су сложеност имплементације и високи трошкови повезани са

применом напредних метода за процену ризика. Компаније се често суочавају са потребом за стручним кадром и технолошким ресурсима како би успешно интегрисале ризик у своје моделе.

Разматрање предности и изазова интеграције ризика у финансијске моделе неопходно је за креирање ефективних стратегија које ће подстаћи боље управљање ризиком и олакшати доношење одлука у неизвесним условима.



7. ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА И ПРЕПОРУКЕ

Најбоље праксе у интеграцији ризика у финансијске моделе подразумевају развој и примену систематских приступа који обезбеђују свеобухватно управљање ризицима у складу са пословним циљевима и стратегијама. Компаније треба да имплементирају детаљне стратегије управљања ризиком које укључују јасне и мерење циљеве, али и оперативне планове који одређују одговорности и процедуре за идентификацију, процену и управљање ризицима.

На пример, компанија као што је JPMorgan Chase користи структуриран приступ у управљању ризиком који обухвата специјализоване тимове и формалне процедуре, што је допринело смањењу своје глобалне изложености ризицима за 15% у периоду од 2018. до 2022. године.

8. ЗАКЉУЧАК

Овај рад истражује интеграцију ризика у финансијске моделе и открива како ова интеграција побољшава доношење одлука и утиче на финансијске перформансе компанија.

Анализа је показала да примена напредних техника управљања ризиком, као што су Монте Карло симулације, стрес тестирање и машинско учење, пружа детаљнији увид у потенцијалне ризике и омогућава прецизније прогнозе финансијских исхода (Cox, J.C., & Ross, S.A., 1976; Hull, J., 2017). Истраживање је демонстрирало да су компаније попут JP Morgan Chase и Goldman Sachs користиле напредне моделе за управљање ризиком како би значајно побољшале своје оперативне резултате и профитабилност.

На пример, Goldman Sachs је применом напредних алата као што су Value-at-Risk (VaR) и економска капитална анализа смањила губитке за 20% у периоду од 2015. до 2020. године (Graham, J.R., & Harvey, C.R., 2001). Истраживање је такође идентификовало бројне изазове у имплементацији ових метода, укључујући високе трошкове, сложеност система и потребу за стручним особљем.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Милан Јовановић, *Управљање ризиком у финансијском сектору*, Економски факултет, Универзитет у Београду, 2014
- [2] Даница Алексић, *Финансијско моделовање и анализе*, Економски факултет, Универзитет у Нишу, 2016
- [3] Слободан Влаховић, *Управљање финансијским ризицима*, Академска књига, 2017
- [4] Милена Петровић, *Финансијске стратегије и планирање*, Економски факултет, Универзитет у Новом Саду, 2019
- [5] Александар Стојановић, *Економска анализа и финансијско планирање*, Висока школа за пословне студије, 2015

Кратка биографија:

Ксенија Крмпот рођена је 11.02.2000. у Новом Саду. Дипломирала је на факултету техничких наука у Новом Саду 2023. године на тему: Улога интерне ревизије у унапређењу управљања ризицима у високошколским установама у Србији.

ПРЕДЛОГ ЗА ПОВИШЕЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ СИСТЕМА ВАЗДУХА ПОД ПРИТИСКОМ У КОМПАНИЈИ „КРУШИК“**PROPOSAL FOR ENHANCING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE COMPRESSED AIR SYSTEM AT „KRUŠIK“**

Петар Давидовић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ИНДУСТРИЈСКО ИНЖЕЊЕРСТВО И ИНЖЕЊЕРСКИ МЕНАЏМЕНТ

Кратак садржај – У овом раду детаљно је анализиран постојећи производни и дистрибутивни део система ваздуха под притиском у компанији „Крушик“. Након тога, дати су предлози за повишење енергетске ефикасности поменутог система кроз неколико корака, а то су: централизовање компресорске станице у горњем делу фабрике, оптимизација броја компресора и реконструкција цевовода у доњем делу фабрике и искоришћење отпадне топлоте.

Кључне речи: Ваздух под притиском, Енергетска ефикасност, Компресорска станица, Дистрибуција ваздуха под притиском

Abstract – This paper provides a detailed analysis of the current production and distribution parts of the compressed air system at the "Krušik" company. Following the analysis, several proposals are presented to enhance the energy efficiency of the system. These include centralizing the compressor station in the upper section of the factory, optimizing the number of compressors as well as reconstructing the pipeline in the lower section, and utilizing waste heat.

Keywords: Compressed air, Energy efficiency, Compressor station, Compressed air distribution

1. УВОД

Ваздух под притиском (у наставку, скраћено ВПП) је обичан ваздух чија је запремина смањена уз помоћ компресора и баш као и обичан ваздух, састоји се углавном од водоника, кисеоника и водене паре. Топлота се ствара када се ваздух компресује, а притисак ваздуха се повећава.

ВПП се може складиштити под високим притиском и представља веома добар медијум за пренос енергије. За производњу истог користи се електрична енергија и приближно 10% укупне индустријске потрошње електричне енергије може се приписати производњи ВПП [1,2].

Цена ВПП зависи од много различитих параметара, због чега је тешко одредити тачну вредност.

Да би се израчунао специфичан трошак, мора се узети у обзир уговор о електричној енергији, трошкови

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Вуле Рељић, доцент.

одржавања компресора, могућност рециклирања отпадне топлоте итд. Један од начина дат је и раду [3].

Неефикасан систем ВПП има за последицу повећање потрошње електричне енергије, смањен радни век компресора, скупље одржавање, лошији квалитет ВПП итд. Са друге стране, код ефикасног система се смањује непотребан рад компресора, смањује могућност да дође до непредвиђеног застоја, адекватним сушењем и филтрирањем добија квалитетан ВПП, смањује потрошња електричне енергије и слично [1,2]. Да би се правилно могла анализирати енергетска ефикасност неког система ВПП, прво је потребно проанализирати губитке који се јављају у датом систему. На слици 1 представљен је графички приказ просечног односа потрошње ВПП за потребе производног процеса и потрошње на разне губитке [1].



Слика 1. Губици у системима ВПП [1]

Неке од могућности за уклањање губитака у системима ВПП дате су у наставку:

- добра заптивеност система: смањује се могућност цурења ВПП како у дистрибутивном (на цевоводима), тако и у извршном делу (на пнеуматским цилиндрима, разводним вентилима, пнеуматским цревима итд.);
- редовно одржавање система: омогућава се продужење животног века компоненти и смањује могућност да дође до неочекиваног застоја у раду;
- оптимизација рада компресора: подешавање укључивања и искључивања компресора доводи до уштеде енергије итд.

Због великих трошкова електричне енергије која одлази на рад компресора у компанији „Крушик“ овај рад се бави проблемом енергетске ефикасности поменутог система. Из тог разлога, у склопу овог рада, урађена је:

- 1) анализа потрошње ВПП за доњи део фабрике;

2) анализа потрошње ВПП за горњи део фабрике.

На основу добијених резултата, урађено је следеће:

- 1) дати су предлози за побољшање система ВПП у горњем делу фабрике;
- 2) дати су предлози за побољшање система ВПП у доњем делу фабрике;
- 3) извршена је анализа могућности коришћења отпадне топлоте у горњем и доњем делу фабрике.

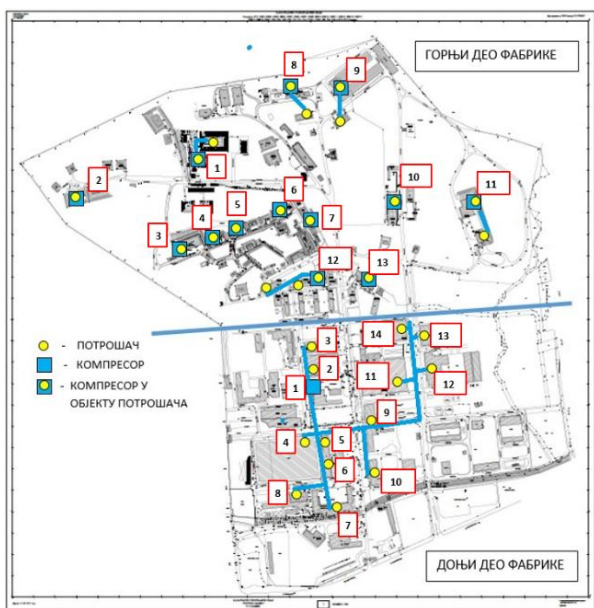
2. АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋЕГ СИСТЕМА ВПП У КОМПАНИЈИ „КРУШИК“

2.1. Компанија „Крушик“

Компанија „Крушик“ [4] је основана 22. фебруара 1939. године у Ваљеву. Тренутно запошљава 2.060 радника. Простире се на површини од 140 хектара и састоји се од 84 објекта подељених у горњи и доњи део фабрике. У доњем делу фабрике се одвија комплетна машинска обрада, термичка обрада, површинска заштита, фарбање, обрада хладном деформацијом, а у горњем делу је монтажа и лабораторија производа, производња иницијалних средстава, ливница тротила те је тако цео горњи део у екс зони. Делатност компаније је војни програм који, између осталог, обухвата производњу минобацачке муниције свих калибара, вођене и невођене ракете, авионске бомбе, артиљеријска зрна, кумулативне мине, ручне бомбе, противтенковске мине, упаљаче, иницијална средства итд. Такође, у компанији Крушик постоје и услуге везане за цивилни програм, а то су услуге металопераде, термичке обраде, хемијске заштите, метролошке лабораторије, израде алата за прераду пластике, ливење, ковање итд.

2.2. Постојећи систем ВПП

Као што се може видети на слици 2, Систем ВПП у горњем делу фабрике састоји се од више децентрализованих компресорских станица, док је доњи део фабрике покривен централизованом компресорском станицом.



Слика 2. Постојећа мапа компресора и цевовода у фабрици „Крушик“

У горњем делу фабрике инсталирано је 13 компресора за производњу ВПП. Компресори су од различитих произвођача, различитих снага мотора као и њихових капацитета (табела 1). После бомбардовања фабрике 1999. године првенствено је био фокус на што бржем оспособљавању производних погона, тако да се данас јављају случајеви са предимензионисаним станицама које доводе до непотребних губитака ВПП.

Табела 1. Објекти и компресори у горњем делу фабрике

Р. бр.	Назив објекта	Компресор	Снага мотора (kW/hp)	Капацитет (l/min)	Потребе (l/min)
1.	Објекат 1	Atlas Copco GA132	132	26.400	4.000-8.000
2.	Објекат 2	Compaire L23	23	4.160	4.000
3.	Објекат 3	Kaeser – BSD 75T	37	7.000	5.260
4.	Објекат 4	Kaeser – BSD 75T	37	7.000	5.260
5.	Објекат 5	Ingersoll Rand/R11	11	1.600	700-1.400
6.	Објекат 6	Atlas Copco GA7	7	1.260	810
7.	Објекат 7	Trudbenik	5,5	550	400
8.	Објекат 8	Trudbenik	11	1.100	950
9.	Објекат 9	-	23	4.160	3.200
10.	Објекат 10	Trudbenik	5,5	550	400
11.	Објекат 11	Trudbenik	5,5	550	400
12.	Објекат 12	Ingersoll Rand/R11	11	1.600	900
13.	Објекат 13	Trudbenik	40	4.000	3.000
13.	Објекат 13	Trudbenik	5,5	550	400
Укупно			354	60.480	29.120

У централној компресорској станици у доњем делу фабрике инсталирана су три компресора „Atlas Copco GA90FF“ (табела 2), који задовољавају потребе доњег дела фабрике. Два компресора су радна, док је трећи резервни.

Табела 2. Објекти и компресори у доњем делу фабрике

Р. бр.	Назив објекта	Компресор	Снага мотора kW/hp	Капацитет (l/min)	Потребе (l/min)
1.	Компресорска станица	3xAtlas Copco GA90FF	3x90	3x17.800	-
2.	Објекат 1	-	-	-	2.000
3.	Објекат 2	-	-	-	2.500
4.	Објекат 3	-	-	-	3.500
5.	Објекат 4	-	-	-	500
6.	Објекат 5	-	-	-	500
7.	Објекат 6	-	-	-	800
8.	Објекат 7	-	-	-	600
9.	Објекат 8	-	-	-	400
10.	Објекат 9	-	-	-	500
11.	Објекат 10	-	-	-	2.000
12.	Објекат 11	-	-	-	1.500
13.	Објекат 12	-	-	-	1.000
14.	Објекат 13	-	-	-	2.500
Укупно			270	53.400	18.300

2.3. Анализа губитака ВПП у доњем делу фабрике

2.3.1. Анализа потрошње ВПП

Од 23. 6. 2022. у 11:40:56 до 30. 6. 2022. у 11:40:56 извршено је мерење потрошње ВПП на компресорима за доњи део фабрике. Циљ симулације био је да се направи приказ стања ВПП, односно енергије која је коришћена у току једне радне недеље. Затим су подаци који су анализирани у току ове радне недеље коришћени за процену годишње употребе ВПП, утрошене енергије и цене.

У табели 3 приказани су резултати мерења, односно проток ВПП и његова потрошња у моментима када сви производни погони раде пуним капацитетом, а добијена је и његова средња вредност. Из поменуте табеле може се видети да је свега 4,5% радног времена потрошња ваздуха на максималном нивоу, а скоро половину времена (42,5%) потрошња ВПП је између 25% и 50% протока.

Анализом рада компресора за доњи део фабрике увиђа се да постоје два критична места са могућностима уштеде, а то су:

- 1) компресори у празном ходу;
- 2) инсталација (цевоводи) и потрошачи.

Табела 3. Проток ВПП током времена

Проток током времена	
Максималан проток	687 l/s
Средњи проток	263 l/s
Минимални проток	0 l/s
Нивои протока током времена	
Од 0 до 25% протока	23,14% укупног времена
Од 25 до 50% протока	42,5% укупног времена
Од 50 до 75% протока	29,9% укупног времена
Од 75 до 100% протока	4,5% укупног времена

2.3.2. Процена губитака у инсталацији и на потрошачима

На слици 3 приказани су преклопљени дијаграми потрошње ВПП за сваки дан у току радне седмице. На левој оси приказан је проток у l/s, на десној оси радни притисак у МРа, а на доњој оси време у h.

Са поменуте слике се уочава приближно константна потрошња од 220 l/s у време када је производња минимална, а то је радним данима од 23:00 до 07:00 и суботом од 07:00 до 15:00. Поред тога, битно је напоменути да су компресори искључени и производња не ради петком од 23:00 до суботе у 7:00, као и суботом од 15:00 до недеље у 23:00.

Узимајући у обзир да се компресори укључују два пута седмично (1 h пре почетка производње) и да производни погони раде 128 h седмично, долази се до податка да је инсталација под притиском 130 h седмично. Ако се у обзир узму резултати мерења са просечним протоком од 263 l/s на нивоу фабрике за све три смене када компресори раде, при томе имајући у виду да у трећој смени ради мање од 10% укупних производних капацитета, а цела инсталација је под притиском и у тим условима је проток приближно 220 l/s, уочава се да су губици огромни. Грубом проценом се усваја да је губитак око 200 l/s.



Слика 3. Потрошња ВПП – једна радна седмица

На основу ових информација прорачунава се губитак ВПП на недељном нивоу (1):

$$200 \frac{l}{s} \cdot 130 h \cdot 3.600 \frac{s}{h} = 93.600.000 l = 93.600 m^3 \quad (1)$$

Према томе, од произведених и потиснутих $159.000 m^3$, само $55.248 m^3$ се добро искористи.

Ако се узме да је цена произведеног ВПП коју компанија плаћа „Ковачком центру“ $0,01 \frac{\text{€}}{m^3}$, може се прорачунати да је недељни губитак, вероватно узрокован лошом заптивеношћу инсталације и цурењем на потрошачима, следећи (2):

$$93.600 m^3 \cdot 0,01 \frac{\text{€}}{m^3} = 936 \text{ €} \quad (2)$$

Процењени ниво годишњих губитака једнак је (3):

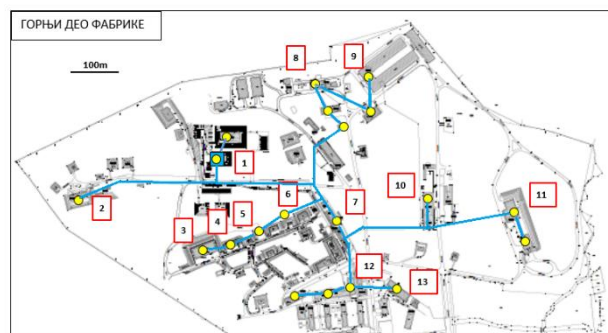
$$936 \text{ €} \cdot 52 = 48.672 \text{ €} \quad (3)$$

3. ПРЕДЛОЗИ ЗА ПОБОЉШАЊЕ

3.1. Централизовање компресорске станице у горњем делу фабрике

Анализом података из табеле 1, може се закључити да је само компресор у објекту 1 скоро довољан да задовољни потребе практично свих објеката у горњем делу фабрике, а ситуација у стварности је таква да су сви компресори без варијабилне контроле брзине и да када раде, они то чине са 100% оптерећења. Тренутна укупна снага компресора у горњем делу фабрике укупна је 354 kW, и у празном ходу постоје извесни губици. Додатно, потребно је напоменути и то да су инсталирани компресори углавном преко 10 година старости (поједини и преко 20), па је очекивана потреба за заменом истих.

Грубом рачуницом, узимајући да је цена рада компресора коју компанија плаћа приближно 0,5 € по kW снаге, долази се до вредности „вишка“ компресора око 90.000 €. За централизовање система ВПП потребно је уградити око 1.800 m цевовода. Ако се узме да је цена цеви од 3“ око $6.000 \frac{\text{рсд}}{m}$ ($50 \frac{\text{€}}{m}$), долази се до вредности од 10.800.000 рсд, односно 90.000 €. Оваком грубом анализом (без узимања у обзир трошка извођења радова), долази се до закључка да је, у датом тренутку, исплативије новац уложити у изградњу цевне мреже уместо улагања у нове компресоре. Наравно, потребно је имати у виду да у догледно време мора доћи и до замене старих компресора. На слици 4 приказан је предлог изгледа новог цевовода са централним компресором у горњем делу фабрике.



Слика 4. Шема цевовода са централним компресором у горњем делу фабрике

3.2. Унапређење система ВПП у доњем делу фабрике

Преко централне компресорске станице у доњем делу фабрике ВПП се снабдева 13 објеката. Током испоруке ВПП јављају се одређени проблеми и било би пожељно урадити следеће:

1) У првој смени два компресора не могу да задовоље потребе. Разлог томе су велика цурења ВПП на пнеуматској инсталацији. Да би се утврдило

колики су губици, извршена су мерења потрошње компресора у првој, другој и трећој смени. Процењен губитак износи око 65%. Ако се $10\% (15.900 \frac{m^3}{седмица})$ сматра дозвољеним и прихватљивим губитком на инсталацији, онда би преосталих 55% било потребно отклонити улагањем у преглед цевовода, замену или ремонт вентила, контролу заптивености свих спојева и осталих елемената. Смањењем губитака ВПП у инсталацији, уместо три компресора, два компресора би радила са њиховим номиналним капацитетима, што би смањило време рада у празном ходу. Грубом проценом се прорачунава да би потрошња електричне енергије била смањена за око 1800 kWh седмично, што би представљало новчану уштеду од око 15.000 рсд на седмичном, односно око 720.000 рсд на годишњем нивоу. Ово је умањење трошкова за потрошену електричну енергију компресора.

2) Локални резервоари за ВПП од $2 m^3$ нису у функцији. Уградњом истих на линијама цевовода испред сваког објекта решио би се проблем повремених падова ВПП.

3) Услед ниских температура долази до залеђавања цевовода. Да би се спречила ова појава, потребно је увести додатне сушаче ваздуха.

3.3. Могућност реконструкције цевовода и оптимизације броја компресора

После решавања заптивености комплетне инсталације ВПП у доњем делу фабрике и преласка на рад са два компресора, отвара се могућност да се трећи компресор искористи да буде резервна опција и подршка у случају кvara или повећања производње за два компресора у доњем делу фабрике, али такође и за горњи део фабрике. Због сигурности, безбедности и несметаног одвијања производног циклуса, горњи и доњи део фабрике ће бити централизовани сваки за себе, одвојено. У горњем делу ће уместо постојећих 13 компресора бити инсталирана два компресора (један преузет из доњег дела фабрике) који ће радити заједно или наизменично у зависности од потребе производње и који су смештени на истој локацији која ће чинити централну компресорску станицу за горњи део фабрике. Са друге стране, као што је већ претходно речено, у доњем делу фабрике, чија компресорска станица је већ централизована ће се, после ремонта цевовода, прећи са постојећа три компресора на два компресора. Услед ових измена дошло би до равномернијег односа између потреба и капацитета у оба дела фабрике (табела 4).

Табела 4. Капацитети и потребе према новом предлогу

ГОРЊИ ДЕО ФАБРИКЕ	Капацитет компресора	48.360 l/s
	Потребе	29.120 l/s
ДОЊИ ДЕО ФАБРИКЕ	Капацитет компресора	35.600 l/s
	Потребе	18.300 l/s

3.4. Могућност коришћења отпадне топлоте

Класични системи вијчаних компресора имају регулисано хлађење уља за подмазивање, што значи да се вишак топлоте вентилатором избацују у атмосферу и на тај начин се топлота потпуно губи. Да би постојала могућност искоришћења отпадне топлоте, потребно је инсталирати спољну јединицу

која ће имати измењивач топлоте где би отпадна топлота одведена хлађењем загревала воду која се касније може користити. Како топлота одведена хлађењем компресора представља приближно 80% укупне снаге, након свих претходно дефинисаних предлога, на нивоу целе фабрике то би било (4):

$$425 \text{ kW} \cdot 0,8 = 340 \text{ kW} \quad (4)$$

При чему из горњег дела фабрике 124 kW а из доњег 216 kW. Таква количина топлоте је довољна загревање хале од око $1.500 m^2$ (у зависности од изолације хале). Ако би се ова неискоришћену снагу претворила у новчане вредности, добили би се уштеда од око 30.000 € по грејној сезони, узимајући у обзир да је минимална цена по kWh топлоте коју плаћа фабрика око 0,04 €.

4. ЗАКЉУЧАК

У овом раду су дати предлози за повишење енергетске ефикасности система ВПП у компанији „Крушић“. Поменути предлози подразумевају:

- централизовање компресорске станице у горњем делу фабрике;
- унапређење система ВПП у доњем делу фабрике уклањањем губитака, повезивањем постојећих локалних резервоара те уградњом додатних сушача ваздуха;
- оптимизацију броја компресора у оба дела фабрике;
- изградњу система за искоришћење отпадне топлоте.

На основу извршених анализа (узимајући у обзир и процењене трошкове радова на инсталацији те набавке неопходне опреме, укупна инвестиција би била око 115.000 € за горњи, односно око 5.000 € за доњи део фабрике), закључује се да је инвестиција итекако оправдана и економски исплатива.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] С. Дудић, Д. Шешлија, И. Миленковић, Ј. Шуљц, В. Рељић, „Енергетска ефикасност пнеуматских система“, Нови Сад, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, 2021.
- [2] F. Bonfà, S. Salvatori, “Monitoring compressed air systems energy performance in industrial production: lesson learned from an explorative study in large and energy-intensive industrial firms”, *Energy Procedia*, Vol. 143, pp. 396-403, 2017.
- [3] С. Дудић, Д. Шешлија, „Прилог идентификацији трошкова производње ваздуха под притиском“, *Зборник радова 30. научно-стручног скупа ХИФНЕФ са међународним учешћем*, СМЕИТС, Врњачка Бања, стр. 24-26, 2006.
- [4] <https://krusik.rs>, (приступљено у септембру 2023.)

Кратка биографија:



Петар Давидовић рођен је у Ваљеву 1989. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Аутоматизација процеса рада на смеру Индустријско инжењерство одбранио је 2024. године.

ПРИМЕНА АГИЛНИХ МЕТОДОЛОГИЈА У УПРАВЉАЊУ НАУЧНО-ИСТРАЖИВАЧКИМ ПРОЈЕКТИМА**IMPLEMENTING AGILE METHODOLOGIES IN THE MANAGEMENT OF SCIENCE AND RESEARCH PROJECTS**

Ивана Кнежевић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ИНЖЕЊЕРСКИ МЕНАѢМЕНТ

Кратак садржај – Предмет овог истраживања је примена агилних методологија у управљању научно-истраживачким пројектима. Агилне методологије су иновативни приступи који се фокусирају на флексибилност, сарадњу и брзу испоруку резултата кроз итеративне процесе. Иако широко прихваћене у софтверској индустрији, њихова примена у научно-истраживачким пројектима још није довољно истражена. Циљ овог истраживања је да се утврди у којој мери се агилне методологије примењују у научно-истраживачким пројектима, да се идентификују предности и изазови њихове примене и да се пружи препоруке за будуће пројекте.

Кључне речи: Агилне методологије, пројектни менаѢмент, научно-истраживачки пројекти, флексибилност, итеративни процеси, сарадња.

Abstract – The focus of this research is the application of agile methodologies in managing science and research projects. Agile methodologies are innovative approaches that emphasize flexibility, collaboration, and rapid delivery of results through iterative processes. While widely accepted in the software industry, their use in science and research projects has not been thoroughly explored. The aim of this study is to determine the extent to which agile methodologies are applied in science and research projects, to identify the benefits and challenges of their implementation, and to provide recommendations for future projects.

Keywords: Agile methodologies, project management, science and research projects, flexibility, iterative processes, collaboration.

1. УВОД

Према PMBOK® водичу који је развио амерички Институт за управљање пројектима, пројекат се дефинише као „привремени напор предузет ради стварања јединственог производа, услуге или резултата“. Ова дефиниција је прихваћена и користи се као стандард у многим организацијама. Пројекти се разликују по природи и крајњим резултатима.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је била доц. др Данијела Ћирић Лалић.

Могу производити материјалне производе, бити усмерени на услуге или резултати апстрактним, попут научних открића или методологија [1].

Управљање пројектима подразумева примену знања, вештина, алата и техника за планирање, извршење и контролу пројеката ради постизања дефинисаних циљева.

2. АГИЛНЕ МЕТОДОЛОГИЈЕ

Агилне методологије су флексибилни приступи управљању пројектима који се примарно ослањају на итеративне процесе, сталну комуникацију, сарадњу са клијентима и прилагођавање променама.

Основни принципи агилних методологија представљају темељ на којем се заснива њихова ефикасност у савременом управљању пројектима. Они омогућавају флексибилност и адаптивност у динамичним пројектним окружењима. Основни принципи агилних методологија укључују: 1) итеративност и инкременталност, 2) флексибилност и адаптивност, 3) сталну комуникацију и сарадњу, и 4) кратке циклусе испоруке.

2.1. Историјски развој

Године 2001. група софтверских стручњака састала се у Јути, Сједињене Америчке Државе, и креирала Манифест агилних методологија (Agile Manifesto), документ који је поставио темеље за нови приступ управљању пројектима. Манифест је наглашавао четири кључне вредности [2]:

- Појединци и интеракције су важнији од процеса и алата,
- Радни софтвер је важнији од опсежне документације,
- Сарадња са клијентима је важнија од преговора о уговорима,
- Реаговање на промене уместо праћења плана.

2.2. Кључне агилне методологије

У оквиру агилног приступа, развили су се различити оквири као што су Скрам, Канбан и *Lean*, који омогућавају итеративни и флексибилни приступ пројектима. Ови оквири омогућавају тимовима да стално побољшавају производ, на основу повратних информација клијената и тржишних промена [3].

2.2.1. Скрам (енгл. *Scrum*)

Скрам је агилна методологија која је развијена почетком деведесетих година прошлог века од стране Џефа Сатерленда и Кена Швабера. Њихов циљ је био да створе флексибилнији и колаборативнији оквир за управљање развојем софтвера, као одговор на недостатке традиционалних метода.

Методологија Скрам у управљању пројектима добила је своје име управо по формацији из рагбија због сличности у начину на који се тимови организују и сарађују како би постигли заједнички циљ [4].



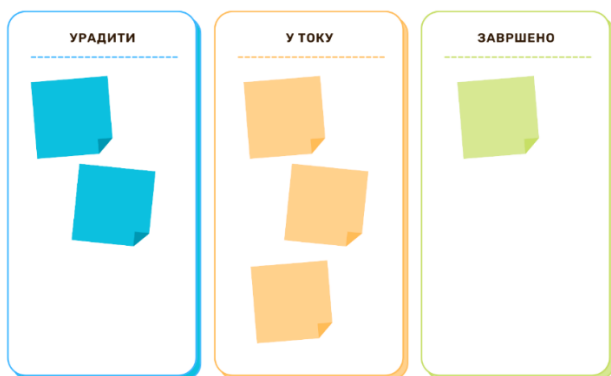
СЛИКА 1. Графички приказ Скрам методологије [5]

Скрам користи кратке итеративне циклусе рада који се називају спринтови, током којих тимови раде на одређеним деловима пројекта (Слика 1). Кључни артефакти укључују *Product Backlog* (листа задатака које треба обавити) и *Sprint Backlog* (списак приоритетних задатака за одређени спринт) [6]. Скрам тимови обично укључују три улоге: *Scrum Master*, *Product Owner* и *Scrum* тим. Због своје прилагодљивости, Скрам је постао једна од најпопуларнијих агилних методологија широм света, а његова популарност је додатно порасла након званичног признања у оквиру Манифеста агилних методологија 2001. године.

2.2.2. Канбан

Канбан је методологија која потиче из производног система произвођача аутомобила *Toyota*, где је првобитно развијена за побољшање производних процеса и ефикасности. Овај систем је креирао Таичи Оно четрдесетих година прошлог века како би се избегла прекомерна производња и губици у производњи. Канбан омогућава тимовима да прате и оптимизују своје задатке, визуализујући их на Канбан табли (Слика 2), где су задаци распоређени у различите фазе, као што су „Урадити“, „У току“ и „Завршено“ [7].

КАНБАН ТАБЛА



СЛИКА 2. Графички приказ Канбан табле

Основни принципи Канбана укључују [8]: визуелизација рада, ограничење радова у току, управљање током и увођење повратних информација.

2.2.3. *Lean*

Lean је методологија која, као и Канбан, потиче из производног система произвођача аутомобила *Toyota*, где је развијена с циљем елиминације отпада и повећања вредности коју клијент добија. Основни принципи *Lean*-а укључују континуирано побољшање, фокус на вредност коју производ или услуга пружа клијенту, и оптимизацију производних процеса како би се елиминисали непотребни трошкови и ресурси који не доприносе крајњем резултату [9]. *Lean* се заснива на пет основних принципа (Слика 3): 1) Дефинисање вредности, 2) Мапирање тока вредности, 3) Омогућавање континуираног тока, 4) Примена „Pull“ система, и 5) Континуирано побољшање (Kaizen).



СЛИКА 3. Графички приказ „Lean“ методологије

3. НАУЧНО-ИСТРАЖИВАЧКИ ПРОЈЕКТИ

Научно-истраживачки пројекти су пројекти који се фокусирају на стицање нових знања, решавање одређених проблема и проширивање постојећих теорија у различитим научним областима. Они могу бити основни, примењени или експериментални и укључују различите методе истраживања, као што су квантитативне, квалитативне и мешовите методологије [10, 11].

Научно-истраживачки пројекти се разликују од осталих типова пројеката због своје сложености, интердисциплинарности и дугорочности. Ови пројекти често укључују сарадњу више истраживачких група из различитих дисциплина и земаља, посебно у европским програмима као што је *Horizon Europe*, који стимулишу транснационалну сарадњу. Специфичности ових пројеката огледају се у томе што резултати могу бити непредвидиви и често завршавају применом у пракси, кроз нове производе или технологије [12].

Научно-истраживачки пројекти се одвијају у више корака, који омогућавају истраживачима да систематично и структурисано спроводе своје истраживање: 1) идентификација истраживачког

питања, 2) прикупљање података, 3) анализа података, и 4) интерпретација резултата.

3.1. Могућности примене агилних методологија у научно-истраживачким пројектима

Аутор [13] је урадио студију случаја примене агилних методологија у управљању мултидисциплинарним научним пројектом. Према студији случаја, агилне методе, првобитно развијене за софтверске пројекте, могу успешно помоћи у координацији рада у мултидисциплинарним истраживачким тимовима. Студија је показала да агилне методе, као што су редовне итерације, визуелизација задатака (употреба дигиталних Канбан табли) и недељни *stand-up* састанци омогућавају бољу координацију и комуникацију међу истраживачима.

Исти аутор [14] је објавио студију случаја о адаптацији Скрам методологије за агилно управљање пројектима у науци. Оно што је важно истаћи из ове студије је да агилни приступ у научно-истраживачким пројектима наглашава потребу за флексибилношћу и самосталним тимовима, где се тимови организују око задатака и решавају их на аутономан начин. То је посебно важно у случајевима када су тимови географски раздвојени и раде у различитим временским зонама, што је често у међународним истраживачким пројектима. У овом раду је наглашено да су спринтови прилагођени за истраживачке пројекте, али са фокусом на експерименталну фазу и променљиве резултате. Овај приступ омогућава истраживачима да брзо процене и анализирају резултате како би се могли адаптирати на нове информације које могу променити смер истраживања.

4. ИСТРАЖИВАЊЕ

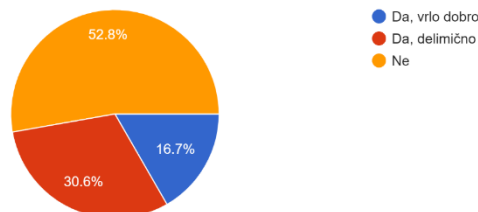
Циљ овог истраживања је да испита примену агилних методологија у управљању научно-истраживачким пројектима. Инструмент за прикупљање података био је онлајн упитник у оквиру отворене платформе *Google Forms*, који је конструисан у шест секција. Упитник је обухватао питања која су се односила на демографске податке, степен познавања и примене агилних методологија, као и на искуства учесника са конкретним алатима и техникама (нпр. Скрам, Канбан табле, Jira). Учесници су имали могућност да наведу и своје препоруке и мишљења о коришћењу агилних метода у будућим научним пројектима. Узорак за ово истраживање чине професионалци укључени у научно-истраживачке пројекте, укључујући координаторе, пројектне менаџере, истраживаче и особље за подршку. Истраживање је обухватило узорак од 36 испитаника. Највећи број испитаника су учесници/истраживачи на пројекту, који чине 69,4%. Координатори научно-истраживачких пројеката чине 22,2%, док је 5,6% на позицији менаџера средњег нивоа. Само 2,8% су особље за подршку на пројекту (администрација, техничка, оперативна или логистичка подршка).

5. ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Један од најважнијих налаза је да више од половине испитаника није упознато са агилним методологијама

(52,8%) (Слика 4). Ово указује на значајан јаз у познавању ових метода у научно-истраживачком сектору, где би потенцијалне користи од примене агилних приступа, као што су бржа испорука резултата и боља сарадња, могле бити од значајног утицаја.

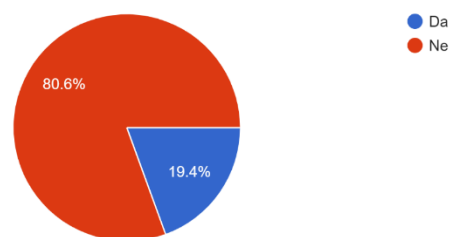
Da li ste upoznati sa pojmom "agilne metodologije"?
36 responses



СЛИКА 4. Степен упознатости испитаника са појмом „агилне методологије“

Само 19,4% испитаника (Слика 5) је навело да је примењивало агилне методологије у својим пројектима, што је показатељ да је примена агилних метода још увек релативно ограничена у овој области.

Da li ste ikada koristili agilne metodologije u svom projektu?
36 responses



СЛИКА 5. Степен коришћења агилних методологија

Испитаници који су користили агилне методологије у научно-истраживачким пројектима пружили су драгоцене увиде у то како су применили различите методе и алате за побољшање управљања пројектима и тимским радом. Резултати показују да су најчешће коришћене методологије биле Скрам и Канбан, које је користило 42,9% испитаника. Што се тиче алата, *Trello* је био један од најчешће коришћених алата за управљање пројектима (57,1%), што указује на то да је овај алат изузетно популаран због своје једноставности и флексибилности. Испитаници су такође истакли значај *редовних спринтова и итерација*, које су коришћене у 42,9% пројеката. *Ретроспективе*, као део континуираног побољшања у агилним методологијама, такође су истакнуте као важан аспект агилног приступа. Укупно 57,1% испитаника користило је ретроспективе за евалуацију учинка након сваке итерације, што им је омогућило да идентификују области за побољшање и имплементирају промене у наредним фазама пројекта.

Као највећа предност агилних методологија, *бржа испорука резултата* је наведена од стране 57,1% испитаника. Овај резултат указује на то да агилни приступ омогућава научно-истраживачким тимовима да брже дођу до конкретних резултата захваљујући структури итеративних процеса и редовним повратним информацијама.

Иако су агилне методологије донеле бројне предности, испитаници су такође истакли одређене изазове у њиховој примени. Најчешће препреке су биле прекомерно административно оптерећење и недостатак обуке. *Прекомерно административно оптерећење* било је најчешћи изазов, који је навело 71,4% испитаника. Ово указује на то да је имплементација агилних метода у научно-истраживачким пројектима често оптерећена додатним административним задацима, који могу укључивати одржавање детаљних *backlog*-ова, документовање итерација или стално прилагођавање пројектних планова. *Недостатак обуке* био је други најчешћи изазов, који је навело 57,1% испитаника. Ово указује на то да, иако постоји свест о предностима агилних методологија, многи тимови се суочавају са проблемима у правилној примени ових метода због недовољне обуке или искуства.

На основу коментара испитаника, *потреба за обуком и едукацијом* је истакнута као важна препорука за тимове који планирају да примене агилне методологије. Већина испитаника (91,7%) изразила је интересовање за додатну обуку и стицање знања о агилним методологијама. Ово јасно указује на потребу за формалном обуком и програмима едукације како би истраживачи и менаџери боље разумели основне принципе и технике агилног управљања.

6. ЗАКЉУЧАК

На основу резултата истраживања, препоручује се низ корака који могу побољшати управљање научно-истраживачким пројектима, са фокусом на примену агилних методологија и унапређење организације, сарадње и ефикасности пројеката.

1. Увођење и систематизација обуке за агилне методологије
2. Укључивање пројектних менаџера и особља за подршку у научно-истраживачке пројекте
3. Прилагођавање агилних метода специфичностима научно-истраживачких пројеката
4. Повећање сарадње и комуникације унутар тимова
5. Олакшавање административног оптерећења
6. Промоција агилних методологија у оквиру академских институција
7. Укључивање мултидисциплинарних тимова

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] PMBOK® Vodič, *Vodič kroz korpus znanja za upravljanje projektima*, četvrto izdanje, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 2010: (Prevod knjige: *A Guide to the Project Management - Body of Knowledge*, ANSI/PMI 99-001-2009).
- [2] J. Highsmith, "History: The Agile Manifesto", 2001. <https://agilemanifesto.org/history.html>
- [3] E. C. Conforto & D. C. Amaral, "Evaluating an agile method for planning and controlling innovative projects", Paper presented at PMI® Global Congress 2008 - Latin America, São Paulo, Brazil. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2008.
- [4] V. Lobellova, "The History of Scrum: How, when and why", [Блог], (2020). Преузето са

<https://www.scrumdesk.com/the-history-of-scrum-how-when-and-why/>

- [5] M. Venema, "What Is Extreme Programming (XP)? It's Values, Principles, And Practices", [Блог], (2024). Преузето са <https://www.nimblework.com/agile/extreme-programming-xp/>
- [6] V. Singh, "Agile Methodology", [Блог], 2021. Преузето са <https://www.toolsqa.com/agile/agile-methodology/>
- [7] Kanban Tool, "History of Kanban", [Блог], (н.д.). Преузето са <https://kanbantool.com/kanban-guide/kanban-history>
- [8] K. Deguzman, "Kanban Methodology Explained — A Guide to the Principles", [Блог], 2020. Преузето са <https://www.studiobinder.com/blog/kanban-methodology/>
- [9] А. Рикаловић, "Lean филозофија и принципи", [Презентација], Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Департман за индустријско инжењерство и менаџмент, 2022.
- [10] M. Hassan, "Research Methodology – Types, Examples and writing Guide", [Блог], 2024. Преузето са <https://researchmethod.net/methodology/>
- [11] University of the People, "A Comprehensive Guide to Different Types of Research", [Блог], 2024. Преузето са <https://www.uopeople.edu/blog/types-of-research/>
- [12] European Research Executive Agency, "Communication, dissemination & exploitation what is the difference and why they all matter", [Документ], 2023. Преузето са https://rea.ec.europa.eu/document/download/beeb3f9c-462a-43e1-b362-ae38b766132c_en
- [13] E. Senabre Hidalgo, "Management of a multidisciplinary research project: A case study on adopting agile methods", Journal of Research Practice, 14(1), Article P1, 2018. Retrieved from <http://jrp.icaap.org/index.php/jrp/article/view/588/489>
- [14] E. Senabre Hidalgo, "Adapting the scrum framework for agile project management in science: case study of a distributed research initiative", Heliyon 5, 2019. e01447. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01447

Кратка биографија:



Ивана Кнежевић рођена је 1988. год. Дипломирала је 2011. год. на Факултету „Др Лазар Вркатић“, смер Енглески језик. У периоду 2013-2022. године радила је у Институту за ратарство и повртарство као административна подршка, а касније и као Координатор научно-истраживачке службе. Године 2022. запошљава се на Факултету техничких наука (у оквиру пројекта STRENTEx), где се бави управљањем и писањем нових научно-истраживачких пројеката финансираних од стране ЕУ. Контакт: ivanak@uns.ac.rs

TRENDOVI PRIMENE VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U MARKETINŠKIM AKTIVNOSTIMA**TRENDS IN THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MARKETING ACTIVITIES**

Doris Bučko, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INŽENJERSKI MENADŽMENT

Kratak sadržaj – Rad se bavi trendovima primene veštačke inteligencije u marketinškim aktivnostima. Analizirana je evolucija marketinga, nastanak i pojašnjenje veštačke inteligencije, kao i benefiti njene primene- prediktivne analitike, personalizacija, ciljanog oglašavanja, automatizacije i četbotova. Takođe je obrađena i Psihosocijalna dinamika AI i Analiza zajedničkog korišćenja ključnih reči. Kao praktičan deo analizirane su kompanije koje su predvodnici u industrijama zbog upotrebe AI u marketinškim aktivnostima.

Ključne reči: Veštačka inteligencija, evolucija marketinga, internet marketing, personalizacija, prediktivna analitika

Abstract – The paper explores the trends in the application of artificial intelligence in marketing activities. It begins with the evolution of marketing and moves on to the emergence and explanation of artificial intelligence, as well as the benefits of its application—predictive analytics, personalization, targeted advertising, automation, and chatbots. Additionally, it addresses the psychosocial dynamics of AI and the analysis of keyword sharing. As a practical part, companies that lead their industries due to the use of AI are analyzed.

Keywords: Artificial intelligence, evolution of marketing, internet marketing, personalization, predictive analytics

1. UVOD

Veštačka inteligencija (artificial intelligence - AI) je tehnologija koja uči računare da razumeju i oponašaju ljudsku komunikaciju i ponašanje.

Veštačka inteligencija ima značajan uticaj na digitalni marketing. Marketari mogu koristiti AI da razumeju ponašanje, akcije i indikatore potrošača. Kao rezultat toga, mogu ciljati pravi pristup pravoj osobi na pravovremen i efikasan način. Marketari mogu koristiti AI u marketingu za brzo procesiranje velike količine podataka sa društvenih mreža, e-mailova i interneta. Može se koristiti zajedno sa automatizacijom marketinga kako bi se omogućio prevod podataka u odluke, značajne interakcije i pozitivan uticaj na poslovne rezultate [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila doc. dr Jelena Spajić.

Ovaj rad predstavlja rezime dosadašnjih teorijskih i praktičnih saznanja o upotrebi veštačke inteligencije u marketingu.

Za jasnije razumevanje i širu sliku je prvo opisana evolucija marketinga gde se dolazi i do same veštačke inteligencije.

Dalje će biti analizirani dobri primeri kompanija iz prakse, kao što su Netflix, Spotify, Amazon, Canva, Microsoft designer's Image Creator i chatbot Rea, koje upotrebljavaju veštačku inteligenciju i tako se održavaju kao lideri u poslovanju.

2. EVOLUCIJA MARKETINGA

Marketing kakvog ga znamo danas je evoluirao kroz vekove, prilagođavajući se promenama društva, tehnologije i ponašanjima potrošača. Prema Filipu Kotleru marketing je nauka i umetnost istraživanja, kreiranja, i dostavljanja vrednosti da bi se zadovoljile potrebe ciljanog tržišta i stekao profit.

Marketing je u nekoj formi postojao od kad postoje i ljudi. Etape u evoluciji marketinga se sledeće:

1. Početak oglašavanja – Štampano oglašavanje
2. Masovna proizvodnja devetnaestog veka
3. Zlatno doba oglašavanja – dvadeseti vek
4. Digitalna revolucija – kasni dvadeseti vek
5. Era društvenih mreža – dvadeset prvi vek
6. Marketing zasnovan na podacima (Data-driven marketing) – trenutno

3. RAZVOJ VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

Termin veštačka inteligencija generalno navodi ljude da pomisle samo na automatizovane robote koji rade za ljude, jer su ljudi uglavnom videli interakciju čoveka i mašine samo u filmovima ili emisijama kroz robote.

Veštačka inteligencija se primenjuje na bilo koju vrstu mašine koja treba da razmišlja kao čovek, što rezultira kontinuiranim učenjem i rešavanjem problema. To su osobine AI koje je čine jedinstvenom. Ponekad ljudi neki zadatak smatraju dosadnim ili monotonim, što je često slučaj kod ponavljajućih poslova.

Međutim, uz pomoć mašine, ljudi nikada ne moraju da dožive sličan posao kao dosadan. Sistem veštačke inteligencije obavlja ponavljajuće poslove za ljude kontinuirano [2].

3.1. Prednosti mašinskog učenja u odnosu na druge tehnologije

- Samostalno razmišljanje

Mnoge tehnologije mogu obavljati ponavljajuće poslove, ali ne mogu razmišljati samostalno. One nisu u stanju da razmišljaju van svog koda.

- Prediktivna analitika

AI se koristi za prediktivnu analitiku marketinga, gde analizom prethodnih podataka može predvideti buduće performanse. Razumevanje onoga što ljudi najviše vrednuju pomaže u pravljenju značajnih preporuka.

- Personalizacija

AI može personalizovati marketing, uključujući web sajtove, emailove i objave na društvenim mrežama, kako bi bolje odgovorila na zahteve kupaca.

4. PRINCIP RADA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

Cilj veštačke inteligencije jeste učenje, razmišljanje i izvršavanje aktivnosti. Postoje tri osnovna koncepta iza veštačke inteligencije: mašinsko učenje, duboko učenje i neuronske mreže [2].

Veštačka inteligencija se temelji na konceptu mašinskog učenja, gde se sistem usavršava u obavljanju specifičnih zadataka kroz sticanje iskustva.

Prvo je potrebno je prikupiti veliku količinu podataka koji će poslužiti za treniranje sistema. Ovi podaci omogućavaju sistemu da prepozna veze između njih. Zatim se bira odgovarajući model za učenje, što zavisi od vrste problema koji se rešava.

Nakon procesa učenja sledi faza provere koja potvrđuje da sistem ispravno tumači informacije. Sistem se testira na novim primerima i procenjuje se njegova efikasnost.

Kada je faza provere završena, sistem je spreman za upotrebu od strane drugih korisnika.

5. RAZLIČITE AI TRANSFORMACIJE ZA MARKETINŠKE SEKTORE

Očekuje se da će AI značajno uticati na transparentnost i sigurnost podataka u narednim godinama. Kako potrošači postaju svesniji koliko podataka organizacije prikupljaju, očekivaće dodatnu transparentnost u vezi s tim koji se podaci prikupljaju, kako se koriste i kako se čuvaju.

AI alati za marketing optimizuju kampanje e-mail marketinga mnogih kompanija. Posebno, pomažu im u određivanju kada da šalju personalizovane e-mailove i koji personalizovani sadržaj ili preporuke proizvoda da šalju različitim segmentima. AI prikazuje najrelevantniji sadržaj u najefikasnijim trenucima.

Ova tehnologija može pomoći u identifikaciji najuspešnijeg sadržaja, planiranju budućeg sadržaja, ponovnom korišćenju sadržaja i optimizaciji distribucije. Automatizacija, analiza podataka i obrada prirodnog jezika već se koriste u poslovanju. Ove tri oblasti AI-a unapređuju poslovanje i poboljšavaju efikasnost u različitim industrijama.

6. PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U MARKETINGU

U ovom poglavlju je opisana primena AI u marketingu kroz teoriju i dati su primeri dobre prakse.

6.1 Prediktivna analitika

Brendovi mogu koristiti veštačku inteligenciju (AI) da unaprede korisničko iskustvo pružajući prilagođeni sadržaj i ponude, kao i odličnu korisničku podršku svakom kupcu. Prediktivna marketinška analitika je jedna od metoda koje kompanije koriste sa AI. Analizom podataka iz prošlih događaja, AI može pouzdano i adekvatno predvideti kako će se performanse odvijati u budućnosti, u zavisnosti od različitih parametara. Razumevanje šta je ljudima najvažnije može pomoći u davanju značajnijih preporuka.

6.1.1 Amazon

Kompanija Amazon se oslanja na prediktivnu analitiku koju obavlja veštačka inteligencija da bi na sajtu imali dinamičko određivanje cena i cross-selling. Platforma prilagođava cene proizvoda u zavisnosti od potražnje, konkurentnih cena i šablona kupovine iz prošlosti. AI algoritmi analiziraju korisničko ponašanje da bi mu predložila komplementarne proizvode, poboljšala iskustvo kupovine i maksimizirala profit [4].

6.2 Personalizacija

Personalizaciju u AI oglašavanju je važna za bolje prihvatanje oglasa od strane korisnika. Veštačka inteligencija pomaže oglašivačima da stvore prilagođen sadržaj za mnogo ljudi odjednom, što povećava angažovanost potrošača. Na osnovu online recenzija i ocena potrošača, sistemi preporuka pomažu oglašivačima da kreiraju efikasnije kampanje koje privlače pažnju potrošača.

6.2.1 Netflix

Prepoznajući raznolikost potreba korisnika, napredne funkcije pretrage su osmišljene tako da omogućavaju korisnicima da efikasno pretražuju katalog i pronađu odgovarajuće filmove, serije i igre. Ovo uključuje rešavanje izazova kao što su različiti jezici i raznovrsni načini unosa podataka sa različitih uređaja, kao što su daljinski upravljači za TV i glasovne kontrole.

6.3 Ciljano oglašavanje

Marketinški stručnjaci mogu lako kreirati profile kupaca na osnovu milijardi podataka prikupljenih AI algoritmima.

Prednosti ciljanog oglašavanja:

- Preciznost: Oglašivači mogu tačno da odrede do koje grupe potrošača žele da dođu.
- Personalizacija: Oglasi mogu biti prilagođeni interesima i potrebama potrošača, što povećava verovatnoću uspeha reklamnih kampanja.
- Efikasnost: Ciljano oglašavanje povećava efikasnost jer se pravi oglasi prikazuju pravim ljudima.

6.3.1 Spotify

Spotify je uveo revoluciju u muzičku industriju kada je lansirao 2008. godine, pružajući novi način slušanja muzike putem prenosa na zahtev.

Spotify koristi pametan spoj tehnologije kako bi saznao šta korisnik voli da sluša. Obraća pažnju na pesme koje korisnik često pušta, one koje preskače i čak vreme kada sluša određene vrste muzike. Ovo nije samo nasumično pogađanje; to je pažljivo osmišljen proces koji ima za cilj da doživljaj slušanja muzike učini što prijatnijim. Spotify koristi kombinaciju podataka o interakciji korisnika, algoritama mašinskog učenja i kolaborativnog filtriranja kako bi razumeo i predvideo u kojoj muzici ili podkastima bi korisnici mogli da uživaju.

6.4. Automatizacija

Automatizacija koristi robote za obavljanje niza zadataka po pravilima koje postave ljudi, smanjujući potrebu za ručnim radom u rutinskim poslovima. Međutim, ako se pojavi situacija izvan onoga što je programer predvideo, roboti ne mogu završiti zadatak.

Kada se veštačka inteligencija (AI) integriše u robote i druge automatizacione tehnologije, roboti mogu pratiti osnovne smernice koje postave ljudi, ali i sami odlučivati kako da postignu cilj. AI sa mogućnostima mašinskog učenja omogućava robotima da uče iz svojih postupaka i vremenom poboljšaju svoj učinak [5].

6.4.1 Kreiranje sadržaja

Veštačka inteligencija omogućava automatsko stvaranje teksta, slika i video materijala koji su prilagođeni specifičnim interesima korisnika, čineći reklame zanimljivijim i angažujućim.

6.4.2 Canva

Canva je platforma za grafički dizajn koja je usmerena na to da omogući svima da jednostavno kreiraju lepe dizajne za sve šta im treba, od objava na društvenim mrežama do infografika i prezentacija. Ona se razlikuje od Photoshopa po tome što je Photoshop kreiran za profesionalce, dok Canva je pogodna za sve i relativno je lako savladati kako se koristi. Canva je dizajnirana da bude intuitivna i pristupačna, što je čini pogodnom za korisnike svih nivoa iskustva.

Ovu su sve funkcije koje Canva pruža uz pomoć AI: Magic Media, Magic Eraser, Magic Edit, Magic Grab, Magic Expand, Magic Morph, Magic Write, Magic Design, Magic Animate, Instant Presentations, Beat Sync, Magic Design for Video, Translate, Magic Switch. U master radu je pojašnjeno kako svaki od ovih alata radi i na koji način ubrzava kreiranje sadržaja.

6.5 Chatbotovi i korisnička podrška

Chatbot je program koji oponaša razgovor sa ljudima, posebno preko interneta, koristeći tehnologije kao što su obrada prirodnog jezika (NLP) i analiza osećanja. Chatbotovi koriste prirodnu obradu jezika, mašinsko učenje i veštačku inteligenciju kako bi nudili fleksibilnije odgovore na zahteve, pitanja i pritužbe korisnika. Ovi chatbotovi uče iz svake interakcije i koriste ta iskustva da daju preciznije odgovore u budućim razgovorima.

Veštačka inteligencija, mašinsko učenje i prirodna obrada jezika pomažu u stvaranju odličnog korisničkog iskustva tako što čine chatbota sposobnim za bolju komunikaciju s korisnicima.

6.5.1 Rea

Raiffeisen banka je lansirala bankarsku uslugu koja se izdvaja na domaćem tržištu- platformu zvana Rea. Ona koristi veštačku inteligenciju i prikazana je kroz lik ženskog androida. Klijenti, kao i oni koji nisu klijenti banke, mogu lako komunicirati sa Reom putem Facebook Messenger-a ili Viber-a. Oni mogu postavljati pitanja o uslugama i proizvodima banke, pronaći najbližu filijalu ili bankomat, ili dobiti bilo kakvu drugu podršku. Servis je dostupan 24 sata dnevno, sedam dana u nedelji, i korisnicima omogućava brzu interakciju putem mobilnih telefona ili računara.

7. PSIHOSOCIJALNA DINAMIKA

U kontekstu AI (veštačke inteligencije), psihosocijalna dinamika obuhvata kako ljudi doživljavaju i reaguju na tehnologiju, kako se prilagođavaju novim načinima interakcije sa AI, i kako društvene norme, očekivanja i pritisci utiču na te reakcije. Drugim rečima, to je način na koji naše misli, emocije i društvene interakcije oblikuju naše ponašanje prema AI i obrnuto.

U ovom poglavlju je opisano pet tačaka:

- Tržišna dinamika i strategije uz pomoć veštačke inteligencije
- AI za potrošačke usluge
- Donošenje odluka uz pomoć veštačke inteligencije
- AI za transformaciju vrednosti
- AI za etički marketing

8. ANALIZA ZAJEDNIČKOG KORIŠĆENJA KLJUČNIH REČI

Keyword co-occurrence znači istovremeno korišćenje ključnih reči ili korišćenje ključnih reči zajedno. Analiza zajedničkog korišćenja ključnih reči jeste analiziranje kako se dve ili više ključnih reči često pojavljuju zajedno u istim istraživanjima ili publikacijama. Ključne reči koje se često pojavljuju zajedno ukazuju na povezanost između tih tema.

U master radu je napravljena analiza istraživanja upotrebe veštačke inteligencije u oblasti oglašavanja i analiza mrežnog dijagrama su-korišćenja ključnih reči za 241 rad, birajući 117 ključnih reči za vizualizaciju.

9. ZAKLJUČAK

Razumevanje promena u ponašanju kupaca je ključno za donošenje najboljih marketinških odluka. Veštačka inteligencija menja gotovo sve aspekte poslovanja, od finansija do prodaje, istraživanja i razvoja, pa do operacija, ali najdublji uticaj AI se primećuje u oblasti marketinga.

U marketingu je veštačka inteligencija već napravila veliki uticaj, i ako tako nastavi, u budućnosti će značajno promeniti marketing. AI marketing koristi tehnologije veštačke inteligencije i mašinskog učenja za donošenje

odluka zasnovanih na realnom vremenu, omogućavajući marketarima da preciznije usmere kampanje.

Veštačka inteligencija postaje ključni alat za kompanije širom sveta, posebno u digitalnom marketingu i korisničkom iskustvu. Njena sposobnost da analizira velike količine podataka, personalizuje interakcije i predviđa potrebe korisnika omogućava brendovima da stvore dublje veze sa svojim potrošačima i poboljšaju svoje poslovanje. AI nije samo alat za ubrzavanje procesa, već i sredstvo za inovacije i transformaciju industrija. U eri Četvrte industrijske revolucije, kompanije koje prihvate AI i njene mogućnosti imaće prednost, pružajući korisnicima bolje, brže i preciznije usluge.

Od veštačke inteligencije se ne treba plašiti, već je prihvatiti i koristiti, jer ona ne predstavlja pretnju, već pomoć.

10. LITERATURA

- [1] Verma, S., Sharma, R. (2021), Artificial intelligence in marketing: Systematic review and future research direction, International Journal of Information Management Data
- [2] <https://www.linkedin.com/pulse/history-marketing-pixellion/> (pristupljeno u avgustu 2024.)
- [3] Haleem, A., Javaid, M. (2022), Artificial intelligence (AI) applications for marketing: A literature-based study, Science direct
- [4] Rajgopal, K. (2023), Amazon's Dynamic Pricing Strategy: How It Balances Customer Trust and Profitability, LinkedIn
- [5] Veenendaal, A. (2024), How To Automate More with AI Automation [blog post], Blueprism

Kratka biografija:



Doris Bučko je rođena u Subotici 1999. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerskog menadžmenta odbranila je 2024. godine.

Kontakt: dorisbucko1@gmail.com

ZNAČAJ VIZUELNOG KOMUNICIRANJA U DIGITALNOM MARKETINGU**THE IMPORTANCE OF VISUAL COMMUNICATION IN DIGITAL MARKETING**

Milica Čelebić, Danijela Lalić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblas - INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO I MENADŽMENT

Kratak sadržaj – Ovaj rad istražuje značaj vizuelnog komuniciranja u digitalnom marketingu, sa posebnim osvrtom na brend identitet i angažovanje korisnika. Rad na praktičnom primeru pokazuje kako vizuelni elementi poput boja, tipografije i simbola oblikuju percepciju brenda, dok dosledna primena ovih elemenata doprinosi prepoznatljivosti i uspehu digitalnih marketinških kampanja. Kroz praktičan primer FTN Business School, rad pokazuje važnost doslednosti i optimizacije vizuelne strategije u postizanju boljih rezultata.

Abstract – This paper explores the importance of visual communication in digital marketing, with a special focus on brand identity and user engagement. Through a practical example, it demonstrates how visual elements such as colors, typography, and symbols shape brand perception, while the consistent application of these elements contributes to the recognition and success of digital marketing campaigns. Using the FTN Business School as a case study, the paper highlights the importance of consistency and the optimization of visual strategy in achieving better results.

1. UVOD

U današnjem digitalnom svetu, vizuelna komunikacija igra ključnu ulogu u uspehu marketinških kampanja i izgradnji brend identiteta. Sa sve većim brojem brendova koji se takmiče za pažnju potrošača na digitalnim platformama, sposobnost brenda da prenese jasnu, prepoznatljivu i emocionalno snažnu poruku postaje od presudne važnosti.

Vizuelni elementi, kao što su boje, tipografija, simboli i oblici, postaju primarni alat za komunikaciju sa potrošačima. Ovi elementi ne samo da definišu identitet brenda, već oblikuju način na koji korisnici percipiraju proizvode, usluge i samu kompaniju. U svetu gde su potrošači svakodnevno izloženi velikom broju digitalnih poruka, efikasna vizuelna komunikacija pomaže brendovima da se izdvoje. Na taj način, boje i oblici postaju mnogo više od dekorativnih elemenata – oni prenose emocionalne poruke, izazivaju reakcije i pomažu potrošačima da se povežu sa brendom na dubljem nivou.

NAPOMENA: Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Danijela Lalić, redovni profesor.

Vizuelni identitet stoga predstavlja temelj svake marketinške strategije, jer doprinosi ne samo prepoznatljivosti, već i dugoročnom uspehu brenda.

2. DIGITALNI MARKETING

Digitalni marketing postao je nezaobilazan alat za sve savremene kompanije koje žele da dopru do globalne publike i ostvare što bolji poslovni uspeh. Zahvaljujući digitalnim kanalima kao što su društvene mreže, imej kampanje, veb stranice i onlajn oglašavanje, brendovi imaju mogućnost da u realnom vremenu dosegnu publiku, prilagode sadržaj njihovim interesovanjima i ostvare dvosmernu komunikaciju. Upravo zbog toga, digitalni marketing nudi niz prednosti koje nisu bile moguće u tradicionalnim medijima.

Elektronski mediji omogućavaju kompanijama ne samo da promovišu svoje proizvode i usluge, već i da prate učinak svake kampanje, prilagođavajući strategiju na osnovu dobijenih podataka [1]. Pored toga, digitalni marketing pruža mogućnost dubljeg razumevanja ponašanja potrošača. Kroz napredne tehnologije poput SEO-a (optimizacije za pretraživače), SEM-a (marketinga na pretraživačima) i SMM-a (marketinga na društvenim mrežama), kompanije mogu direktno komunicirati sa svojim korisnicima i pratiti njihove aktivnosti, preferencije i interesovanja. Ova mogućnost prilagođavanja strategija u realnom vremenu osigurava da brendovi mogu brzo reagovati na promene na tržištu, što je posebno važno u današnjem dinamičnom poslovnim okruženju.

Digitalni marketing ne samo da omogućava brendovima da komuniciraju s publikom, već i da mere efikasnost kampanja, prilagođavajući ih ciljevima poslovanja [2]. Jedan od ključnih trendova u digitalnom marketingu je sve veća upotreba mobilnih uređaja. Mobilni marketing omogućava brendovima da budu prisutni na platformama koje korisnici svakodnevno koriste, čime se obezbeđuje neprekidna vidljivost. Uz to, razvoj veštačke inteligencije i mašinskog učenja dodatno unapređuje digitalne marketinške strategije, omogućavajući personalizaciju sadržaja. Brendovi koji uspešno integrišu ove tehnologije u svoje kampanje mogu postići dublju interakciju sa korisnicima, povećavajući angažovanost i lojalnost publike. U današnjem digitalnom okruženju, gde se konkurencija brzo prilagođava novim trendovima, kompanije moraju neprestano unapređivati svoje digitalne marketinške strategije kako bi ostale konkurentne.

3. GRAFIČKI DIZAJN I VIZUELNA KOMUNIKACIJA

Grafički dizajn je mnogo više od samog vizuelnog prikaza – on je suštinski deo komunikacije brenda sa publikom. Efikasna vizuelna komunikacija omogućava brendovima da prenesu kompleksne poruke na jednostavan, ali moćan način. Grafički dizajn koristi elemente poput boja, tipografije, oblika i simbola kako bi stvorio prepoznatljiv identitet brenda i privukao pažnju korisnika. Kvalitetan dizajn pomaže brendovima da se pozicioniraju u svesti korisnika i da ih navede na određene akcije, bilo da je reč o kupovini, registraciji ili deljenju sadržaja. Vizuelna komunikacija je posebno važna u digitalnom marketingu, gde se brendovi bore za pažnju korisnika u pretrpanom digitalnom okruženju. Pravilno osmišljeni vizuelni elementi ne samo da privlače pažnju, već i poboljšavaju navigaciju i upotrebljivost digitalnih platformi. Na taj način, dizajn postaje ključni faktor u stvaranju pozitivnog iskustva koje podstiče korisnike na interakciju sa brendom i doprinosi njegovom dugoročnom uspehu [3].

4. BREND

Brendiranje se u suštini odnosi na percepciju, odnosno, sliku koju kupci imaju o kompaniji, njenim proizvodima ili uslugama. To uključuje uspostavljanje emocionalnih veza i apelacija kroz doslednu primenu vizuelnih elemenata. Kod nekih brendova, naglasak može biti na društvenom statusu, predstavljajući proizvod kao simbol određenog načina života ili luksuza. U drugim slučajevima, može se isticati stav i individualnost. Brendovi imaju sposobnost da utiču na identifikaciju kupaca sa proizvodom ili uslugom, stvarajući osećaj pripadnosti nečemu značajnom. Ova dinamika može značajno oblikovati odluke o kupovini, često navodeći kupce da izaberu jedan proizvod umesto drugog, a ponekad ih podstičući da potroše više novca. Brendiranje obuhvata više od samo vizuelnog identiteta, uključuje celokupno korisničko iskustvo, od logotipa i ambalaže do korisničke usluge i okruženja prodavnice. Ova sveobuhvatna interakcija naziva se „iskustvo brenda“ [3].

5. ZNAČAJ BRENDIRANJA

Brendiranje je mnogo više od stvaranja prepoznatljivog logotipa ili slogana, to je proces kroz koji kompanija izgrađuje dugoročne emocionalne veze sa svojim potrošačima. U današnjem svetu, brendiranje više nije ograničeno samo na proizvode i usluge – ono se proširilo čak i na pojedince. Kroz pažljivo planiranje i doslednu primenu vizuelnih elemenata, brendovi grade trajne odnose sa potrošačima, koji ne samo da kupuju proizvode, već postaju i lojalni korisnici koji podržavaju brend. definišu brend poslodavca kao „paket funkcionalnih, ekonomskih i psiholoških koristi koje pruža zaposlenje“ [4]. Ova definicija naglašava da brend nije samo marketinški alat, već i sredstvo za privlačenje i zadržavanje zaposlenih.

Značaj brendiranja u modernom poslovanju leži u njegovoj sposobnosti da diferencira kompanije na tržištu prepunom sličnih ponuda. Hembree [3] ističe da prepoznatljiv brend daje kompanijama značajnu konkurentsku prednost, jer potrošači ne biraju samo proizvode na osnovu

funkcionalnosti, već i na osnovu njihovog emocionalnog odnosa sa brendom.

Dugoročan uspeh brendiranja leži u doslednoj primeni vizuelnih elemenata, poruka i vrednosti koje brend predstavlja. Kroz pažljivo osmišljene strategije, brendovi stvaraju prepoznatljive identitete koji pomažu potrošačima da se povežu sa njima na dubljem nivou. U svetu gde su potrošači svakodnevno izloženi stotinama brendova, sposobnost brenda da se izdvoji i ostane urezan u svesti korisnika postaje ključni faktor uspeha. Brendovi koji uspevaju u ovom zadatku ne samo da privlače nove korisnike, već i neguju lojalnost postojećih, što direktno doprinosi njihovom dugoročnom uspehu.

6. IDENTITET NIJE BRENDIRANJE

U poslednjim godinama, pojam „korporativni identitet“ često se koristi kao sinonim za „brendiranje“, posebno od strane marketinških konsultanata, stručnjaka za odnose s javnošću i nekih kreativnih agencija. Iako se ova dva termina često prepliću, postoji suštinska razlika između njih.

Korporativni identitet predstavlja vizuelni sistem koji služi za prepoznavanje ciljeva, vrednosti i karaktera kompanije. S druge strane, brend se odnosi na utisak koji tržište stvara o toj kompaniji. Korporativni identitet obuhvata elemente kao što su logotip, boje, tipografija i celokupni vizuelni stil koji zajedno oblikuju način na koji kompanija komunicira sa svojim ciljnim tržištem, kao što ćemo videti u praktičnom delu. Ovi vizuelni aspekti igraju ključnu ulogu u formiranju prvog utiska o brendu. Brend se gradi kroz iskustva potrošača, komunikaciju i interakciju sa kompanijom, što uključuje i percepciju kvaliteta, pouzdanosti i vrednosti proizvoda ili usluga. Ova percepcija može značajno uticati na odluke potrošača i oblikovati njihovu lojalnost prema brendu [3]. Razumevanje razlike između korporativnog identiteta i brenda ključno je za kompanije koje žele uspešno upravljati svojim imidžem i komunikacijom sa tržištem.

7. BOJE, TIPOGRAFIJA I SIMBOLI

Boje, tipografija i simboli predstavljaju osnovne gradivne elemente svakog vizuelnog identiteta. Ovi elementi su ključni za stvaranje doslednog i prepoznatljivog brenda koji izaziva željene emocionalne reakcije kod korisnika.

Boje imaju sposobnost da izazovu određene emocije i asocijacije kod korisnika, dok tipografija definiše ton i stil komunikacije. Crvena boja, na primer, često simbolizuje energiju, strast i hitnost, dok plava asocira na poverenje, smirenost i profesionalizam.

Simboli imaju posebnu ulogu u vizuelnoj komunikaciji jer omogućavaju brendu da prenese univerzalne poruke na jednostavan i lako razumljiv način. Oni doprinose prepoznatljivosti brenda i olakšavaju korisnicima identifikaciju proizvoda ili usluga. Simboli, zajedno sa bojama i tipografijom, igraju ključnu ulogu u kreiranju koherentne vizuelne strategije koja privlači pažnju korisnika i ostaje u njihovom sećanju.

Pravilna upotreba ovih elemenata pomaže brendovima da izgrade stabilan vizuelni identitet koji će korisnici lako

prepoznati, čak i u dinamičnom digitalnom okruženju. Vizuelni elementi moraju biti pažljivo birani i dosledno primenjivani kako bi preneli željenu poruku i izazvali pravu reakciju kod korisnika [3].

8. ZAKON I ETIKA U OGLAŠAVANJU NA DRUŠTVENIM MEDIJIMA

Bil Bernbah, kao jedan od najuticajnijih kreativnih direktora u istoriji oglašavanja, bio je poznat po svom doprinosu „Kreativnoj revoluciji u oglašavanju“ tokom šezdesetih godina. Njegov rad naglašava važnost etike u oglašavanju, što je posebno relevantno u kontekstu savremenih društvenih medija.

Oglašavanje na digitalnim platformama podleže različitim zakonima i regulativama koje postavljaju vladine i industrijske organizacije, poput Savezne trgovinske komisije (FTC) u SAD-u, koja štiti potrošače od obmanjujućeg oglašavanja. Oglašavanje na društvenim mrežama mora biti dosledno etičkim standardima, a brendovi, marketinške agencije i influenceri snose odgovornost za tačnost svojih tvrdnji. Po FTC smernicama, obmanjujuće tvrdnje mogu dovesti do ozbiljnih sankcija, uključujući novčane kazne i sudske tužbe. Bernbachova poruka je jasna – oglašavanje ima moć da oblikuje društvo, i treba ga koristiti kako bi se doprinosilo njegovom unapređenju, a ne degradaciji [4].

9. PRAKTIČAN DEO

9.1. Doslednost i prepoznatljivost brenda

Primena grafičkih standarda iz knjige standarda ne samo da osigurava doslednost u svim komunikacionim kanalima, već i omogućava da brend ostane prepoznatljiv na konkurentnom tržištu. Na društvenim mrežama, gde korisnici svakodnevno konzumiraju veliku količinu sadržaja, održavanje vizuelnog identiteta koji je u skladu sa brendom ključno je za izgradnju poverenja i dugoročne reputacije.

Svaka objava kreirana za društvene mreže, bilo da je u pitanju vizual za najavu upisa ili isticanje ključnih prednosti programa, prati strogo propisana pravila korišćenja boja, tipografije i simbola. Ovaj pristup omogućava dosledno prenošenje ključnih poruka brenda i održavanje profesionalnog izgleda svih komunikacionih materijala [5].

FTN Business School pruža sjajan primer uspešne primene vizuelnih elemenata u digitalnim marketinškim kampanjama.

Korišćenje boja iz knjige standarda (#f68722, #111c35, #eae8e2), kao i tipografije Montserrat (Regular, Medium, Medium Italic i Extra Bold), osigurava doslednost i prepoznatljivost na svim digitalnim platformama, uključujući društvene mreže, veb-sajtove i promotivne materijale. Ova vizuelna strategija doprinosi ne samo prepoznatljivosti brenda, već i boljoj angažovanosti korisnika, jer dosledna primena boja i fontova omogućava korisnicima da lako prepoznaju brend i povežu ga sa vrednostima koje on zastupa.

Primena vizuelnih elemenata na FTN Business School ne samo da stvara snažan brend identitet, već i doprinosi

dugoročnom uspehu marketinških kampanja. Doslednost u upotrebi ovih elemenata pomaže u jačanju poverenja korisnika i povećanju njihove lojalnosti, čime se direktno utiče na povećanje upisa i vidljivosti škole na tržištu obrazovanja.

U nastavku rada, prikazane su objave za društvene mreže koje su kreirane u skladu sa knjigom standarda FTN Business School, koje su prilagođene promociji upisa, deljenju iskustava studenata i povećanju angažovanosti pratilaca na društvenim mrežama (slika 1-3).



Slika 1. Objava koja promoviše upis



Slika 2. Objava koja deli iskustva studenata



Slika 3. Objava za povećanje angažovanosti pratilaca



Slika 4. Objava za povećanje angažovanosti pratilaca

10. ZAKLJUČAK

Vizuelna komunikacija se pokazala kao ključni faktor u postizanju uspeha u digitalnom marketingu. U dinamičnom digitalnom okruženju, gde su korisnici izloženi velikom broju poruka svakodnevno, brendovi se suočavaju sa izazovom kako da privuku i zadrže pažnju publike. Efikasna vizuelna komunikacija omogućava brendovima da se izdvoje u pretrpanom informacijskom prostoru, koristeći pažljivo odabrane elemente kao što su boje, tipografija, simboli i oblici kako bi kreirali snažan vizuelni identitet.

Na osnovu istraživanja u ovom radu, jasno je da vizuelni elementi igraju presudnu ulogu u oblikovanju percepcije brenda, izgradnji emocionalne veze sa potrošačima i podsticanju korisnika na akciju. Kao što je analizirano kroz primere, dosledna primena vizuelnih elemenata doprinosi

ne samo prepoznatljivosti brenda, već i jačanju poverenja i lojalnosti kod korisnika. Boje i tipografija, kao ključni gradivni elementi brend identiteta, omogućavaju brendovima da kreiraju koherentnu i jasnu poruku na svim komunikacionim kanalima, čime se obezbeđuje doslednost i profesionalizam. Simboli, s druge strane, olakšavaju prepoznavanje i pružaju dodatnu dimenziju vizuelne komunikacije, omogućavajući brendovima da prenesu složenije poruke na jednostavan način.

Može se zaključiti da vizuelna komunikacija igra ključnu ulogu u izgradnji uspešnih brendova u digitalnom marketingu. Doslednost, autentičnost i relevantnost su tri osnovna principa na kojima počiva uspešna vizuelna strategija. Korišćenje vizuelnih elemenata koji su prilagođeni ciljnim grupama, uz poštovanje vizuelnih standarda brenda, omogućava brendovima da prenesu jasne poruke, izgrade poverenje i stvore dugoročnu lojalnost među korisnicima.

7. LITERATURA

- [1] Kotler P. *Marketing Management*. 16th ed. New York: Pearson; 2022.
- [2] Kingsnorth S. *Digital marketing strategy: An integrated approach to online marketing*. 1st ed. Philadelphia, PA: Kogan Page; 2016.
- [3] Hembree R. *The complete graphic designer: A guide to understanding graphics and visual communication*. 1st ed. Beverly, MA: Rockport Publishers; 2008.
- [4] Quesenberry KA. *Social media strategy: Marketing, advertising, and public relations in the consumer revolution*. 2nd ed. Lanham, MD: Rowman & Littlefield; 2018.
- [5] Ambler T, Barrow S. The employer brand. *Journal of Brand Management*. 1996;4(3):185-206. doi:10.1057/bm.1996.42.

Kratka biografija:



Čelebić Milica rođena je u Novom Sadu 2000. godine. Diplomirala je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na smeru Grafičko inženjerstvo i dizajn 2023. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Industrijsko inženjerstvo i menadžment – Komuniciranje na internetu i društvenim medijima, odbranila je 2024. godine.



Danijela Lalić je redovni profesor na Univerzitetu u Novom Sadu, na Fakultetu tehničkih nauka, na Departmanu za industrijsko inženjerstvo. Predavač je na osnovnim, master, specijalističkim, MBA i doktorskim kursovima. Dugi niz godina bavi se istraživanjima, ali i praktičnim radom iz oblasti korporativnih komunikacija, digitalnih tehnologija i internet komunikacija u poslovanju.

ZADOVOLJSTVO ZAPOSLENIH HIBRIDNIM MODELOM RADA**EMPLOYEE SATISFACTION WITH THE HYBRID WORK MODEL***Timea Pažin, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – Industrijsko inženjerstvo i inženjerski menadžment**

Kratak sadržaj – Cilj rada je analizirati uticaj hibridnog modela rada na zadovoljstvo zaposlenih, produktivnost i organizacione kapacitete, kao i identifikovati ključne faktore koji utiču na uspešnost ovog radnog modela. Istraživanje se zasniva na ispitivanju zadovoljstva zaposlenih u odnosu na fleksibilnost radnog vremena, mogućnosti za profesionalni razvoj i podršku menadžmenta. Namera je da se utvrdi kako hibridni način rada utiče na balans između poslovnog i privatnog života i kako može poboljšati timsku saradnju i produktivnost.

Istraživanje je sprovedeno u avgustu mesecu 2024. godine na uzorku od 52 ispitanika. Dobijeni podaci su analizirani pomoću Microsoft Excela. Rezultati ukazuju na to da hibridni rad pozitivno utiče na zadovoljstvo zaposlenih i produktivnost, ali postoje i određeni izazovi koji zahtevaju pažljivo upravljanje i podršku.

Ključne reči: *Хибридни рад, задовољство запослених, продуктивност, флексибилност, организациона подршка*

Abstract – The aim of the paper is to analyze the impact of the hybrid work model on employee satisfaction, productivity and organizational capacity, as well as to identify the key factors that influence the success of this work model. The research is based on the examination of employee satisfaction in relation to the flexibility of working hours, opportunities for professional development and management support. The intention is to determine how a hybrid way of working affects work-life balance and how it can improve team collaboration and productivity.

The research was conducted in August 2024 on a sample of 52 respondents. The obtained data were analyzed using Microsoft Excel. The results indicate that hybrid work has a positive effect on employee satisfaction and productivity, but there are also certain challenges that require careful management and support.

Keywords: *Hybrid work, employee satisfaction, productivity, flexibility, organizational support.*

1. UVOD

Zadovoljstvo zaposlenih je jedna od ključnih tema u istraživanjima vezanim za organizaciono ponašanje i produktivnost na radnom mestu. Ono predstavlja meru u kojoj zaposleni percipiraju svoje radne uslove kao pozitivne ili negativne, i taj osećaj direktno utiče na njihovo radno angažovanje, motivaciju i ukupnu dobrobit. Pored toga, zadovoljstvo zaposlenih je indikator koji može značajno uticati na organizacioni uspeh, s obzirom na to da su zadovoljni radnici skloniji većoj produktivnosti i dužem zadržavanju u kompaniji. Savremeno poslovno okruženje, koje se kontinuirano menja pod uticajem tehnoloških inovacija, globalnih ekonomskih prilika i zahteva za balansom između privatnog i poslovnog života, nudi nove izazove i mogućnosti za istraživanje zadovoljstva zaposlenih. Jedan od najaktuelnijih trendova u ovom kontekstu je pojava hibridnog modela rada, koji kombinuje rad u kancelariji i rad od kuće. Ovaj model je posebno dobio na značaju tokom pandemije Kovid-19, kada su organizacije širom sveta morale da se prilagode novim uslovima rada kako bi održale produktivnost i očuvale zdravlje zaposlenih. Hibridni rad omogućava veću fleksibilnost i često se smatra jednim od načina za poboljšanje zadovoljstva radnika, naročito u smislu postizanja boljeg balansa između profesionalnog i privatnog života. S obzirom na ove promene, važno je ispitati koliko su zaposleni u Srbiji zadovoljni ovim modelom rada i koji faktori najviše utiču na njihovo zadovoljstvo u takvom okruženju.

2. HIBRIDNI RAD

Hibridni rad, kao model koji objedinjuje rad u kancelariji i rad na daljinu, počeo je da se razvija tokom 1960-ih i 1970-ih godina, kada su istraživači počeli da analiziraju prednosti i nedostatke netradicionalnih radnih okruženja [1]. S vremenom, ovaj model je stekao sve veću popularnost, posebno nakon izbijanja pandemije Kovid-19, koja je podstakla potrebu za fleksibilnijim radnim uslovima [2]. Hibridni rad omogućava zaposlenima da kombinuju pogodnosti rada od kuće sa prednostima fizičkog prisustva na radnom mestu, što doprinosi boljem balansu između poslovnog i privatnog života. Ovaj model ne samo da pruža veću fleksibilnost, već i podstiče kreativnost i saradnju među zaposlenima [3]. Postoje različiti pristupi hibridnom radu, poput modela "Remote first", gde zaposleni uglavnom rade od kuće, i modela "Office occasional", koji podrazumeva dolazak u kancelariju samo nekoliko dana nedeljno [4]. Iako ovakav način rada donosi mnoge prednosti, on takođe nosi određene izazove, kao što su socijalna izolacija i teškoće u komunikaciji i koordinaciji timova [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Ivana Katić, redovni profesor

3. KONCEPT ZADOVOLJSTVA POSLOM

Zadovoljstvo poslom predstavlja pozitivan osećaj zaposlenih u vezi sa njihovim radom, koji obuhvata emocionalne reakcije na radne uslove i okruženje. Ovo zadovoljstvo direktno utiče na opštu sreću i radnu atmosferu [5, 6]. Zadovoljstvo zaposlenih uključuje razne aspekte kao što su izazovnost posla, finansijska nadoknada, radno okruženje, međuljudski odnosi i lični doživljaj posla. Izazovni poslovi koji omogućavaju razvoj veština obično povećavaju zadovoljstvo, dok monoton rad može smanjiti motivaciju [5]. Finansijska nadoknada i sigurnost na radnom mestu igraju važnu ulogu u zadovoljstvu, jer zaposleni teže pravednoj kompenzaciji i bezbednosti [7]. Takođe, kvalitet radnog okruženja, uključujući adekvatne plate i zdravstvenu zaštitu, može značajno uticati na zadovoljstvo i smanjiti nameru za napuštanje posla [8]. Fleksibilnost radnog vremena i mogućnosti za profesionalni razvoj takođe doprinose većem zadovoljstvu i blagostanju zaposlenih [9, 10].

4. ISTRAŽIVANJE

4.1. Predmet istraživanja

Predmet rada proizilazi iz istraživanja uticaja hibridnog načina rada na zadovoljstvo zaposlenih, uključujući: fleksibilnost, ravnotežu između poslovnog i privatnog života, komunikaciju i povezanost u timu.

4.2. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja je da se analizira i razume kako hibridni način rada utiče na različite aspekte radnog života zaposlenih, uključujući njihovo zadovoljstvo, produktivnost, sposobnost upravljanja vremenom i timsku saradnju. Istraživanje će pružiti uvid u to kako hibridni rad može poboljšati ili uticati na ove aspekte, sa ciljem da se ponude preporuke za optimizaciju radnih uslova u hibridnom okruženju.

4.3. Hipoteze istraživanja

Opšta hipoteza:

OH: Hibridni model rada pozitivno utiče na zadovoljstvo zaposlenih, poboljšavajući fleksibilnost u organizaciji radnog vremena i omogućavajući rad iz različitih okruženja.

Posebne hipoteze:

OH1: Hibridni rad doprinosi boljoj ravnoteži između poslovnog i privatnog života, što pozitivno utiče na zadovoljstvo zaposlenih.

OH2: Kvalitet komunikacije i osećaj povezanosti sa kolegama mogu biti izazovi u hibridnom okruženju, što utiče na pozitivno zadovoljstvo zaposlenih.

4.4. Uzorak i izvođenje istraživanja

U istraživanju je učestvovalo ukupno 80 ispitanika, svi od kojih su imali iskustva sa hibridnim radom. Od ovog broja, 28 ispitanika (35%) su bili muškarci, dok su 52 ispitanika (65%) bile žene. Što se tiče starosne strukture, najveći deo učesnika bio je u starosnoj grupi od 26 do 35 godina, koja je predstavljala 48.8% anketiranih. Sledeća grupa je bila od 36 do 45 godina, sa 23.8%. Grupa od 46 do 55 godina činila

je 8.8% učesnika, dok su najmlađi učesnici (manje od 25 godina) i stariji od 55 godina činili 13.8% odnosno 5% anketiranih. Ova raznolika starosna struktura omogućava sveobuhvatnije razumevanje različitih perspektiva o hibridnom radu u zavisnosti od životnog perioda i radnog iskustva učesnika.

4.5. Instrumenti istraživanja

U ovom istraživanju, korišćen je upitnik iz rada Aprilina & Martdianty (2023) koji se fokusira na ulogu hibridnog rada u poboljšanju zadovoljstva zaposlenih, percipirane produktivnosti i sposobnosti organizacija [11]. Upitnik se sastoji od 35 pitanja, raspoređenih u tri glavne kategorije: prva četiri pitanja su opšta, zatim sledi 19 pitanja koja se odnose na zadovoljstvo hibridnim radom i 12 pitanja o generalnom zadovoljstvu poslom.

Odgovori na pitanja su dati na skali od 1 do 5, gde su odgovori obuhvatali sledeće opcije: "uopšte se ne slažem", "delimično se ne slažem", "ne znam/nemam stav", "delimično se slažem", i "u potpunosti se slažem". Ova skala omogućava istraživaču da dobije detaljan uvid u stavove učesnika prema različitim aspektima rada.

Anketa je sprovedena onlajn, što je omogućilo lako i brzo prikupljanje podataka. Istraživanje je objavljeno na dve digitalne platforme: prva je bila privatni profil na društvenoj mreži Fejsbuk autora rada, a druga je bila studentska grupa na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Ova kombinacija platformi osigurala je pristup različitim grupama ispitanika i omogućila široku i raznovrsnu reprezentaciju odgovora.

4.6. Obrada podataka

Podaci su pregledani i analizirani uz pomoć računarskog programa Microsoft Excel. Podaci, koji su dobijeni od ispitanika putem istraživanja u vezi sa stresom na radu i profesionalnim stilovima, predstavljeni su grafički i tabelarno.

5. DISKUSIJA

Rezultati analize pokazuju da hibridni model rada pozitivno utiče na zadovoljstvo zaposlenih, što potvrđuje i opšta hipoteza (OH). Aritmetička sredina zadovoljstva hibridnim radom iznosi 4,13, sa standardnom devijacijom od 0,98, dok je generalno zadovoljstvo zaposlenih 4,17 (standardna devijacija 0,98). Ovi podaci ukazuju na visok nivo zadovoljstva zaposlenih, što je u skladu sa hipotezom.

Prva posebna hipoteza (OH1), koja tvrdi da hibridni rad doprinosi boljoj ravnoteži između poslovnog i privatnog života i time poboljšava zadovoljstvo zaposlenih, pokazuje pozitivne rezultate. Na primer, tvrdnja da hibridni rad omogućava bolju ravnotežu između poslovnog i privatnog života dobila je visoku aritmetičku sredinu od 4,18 sa standardnom devijacijom od 0,95. Ovo ukazuje da većina zaposlenih smatra da hibridni rad poboljšava njihovu ravnotežu između profesionalnih i ličnih obaveza. Slično, tvrdnje koje se odnose na veću fleksibilnost u organizaciji radnog vremena (4,15) i bolju produktivnost (4,23) takođe su ostvarile visoke ocene, što podržava ideju da hibridni model rada pozitivno utiče na zadovoljstvo zaposlenih.

Međutim, druga posebna hipoteza (OH2), koja ističe da kvalitet komunikacije i osećaj povezanosti sa kolegama mogu biti izazovi u hibridnom okruženju, pokazuje da ova pitanja predstavljaju značajne aspekte. Na primer, tvrdnja o kvalitetu komunikacije sa kolegama u hibridnom modelu dobila je nižu aritmetičku sredinu od 3,79 i standardnu devijaciju od 1,00, što ukazuje na značajne razlike u percepciji kvaliteta komunikacije. Još izrazitije, tvrdnja da hibridni rad omogućava osećaj povezanosti sa kolegama dobila je najniže ocene, sa aritmetičkom sredinom od 3,64 i standardnom devijacijom od 1,09. Ovi rezultati ukazuju da postoje izazovi u održavanju efektivne komunikacije i osećaja pripadnosti timu kada se radi na daljinu.

Shodno prethodnom izlaganju konstatuje se da hibridni model rada pruža značajne prednosti u pogledu fleksibilnosti i balansiranja obaveza, ali istovremeno donosi izazove u komunikaciji i povezanosti. Za poboljšanje zadovoljstva zaposlenih i efikasnost hibridnog rada, važno je usredsrediti se na nekoliko ključnih mera. Prvo, unapređenje komunikacije je ključno; uvođenje redovnih virtuelnih sastanaka i korišćenje alata kao što su Microsoft Teams ili Slack može poboljšati koordinaciju i razmenu informacija. Drugo, pravičnost u upravljanju platama i radnim opterećenjem treba osigurati kroz redovne revizije i transparentnost, čime se održava motivacija zaposlenih. Treće, osnaživanje zaposlenih kroz obuku i razvoj veština samostalnog upravljanja projektima može poboljšati produktivnost i zadovoljstvo. Na kraju, stvaranje inkluzivne radne atmosfere podstiče pripadnost i saradnju, što doprinosi boljoj radnoj klimi. Ove mere mogu značajno poboljšati zadovoljstvo zaposlenih i učiniti hibridni radni model uspešnijim.

6. ZAKLJUČAK

Hibridni radni model omogućava kombinovanje rada iz kancelarije i na daljinu, što zaposlenima pruža veću fleksibilnost i bolju ravnotežu između poslovnog i privatnog života. Ovaj pristup može značajno povećati zadovoljstvo zaposlenih, poboljšati produktivnost i omogućiti bolje usklađivanje ličnih i profesionalnih obaveza. Međutim, izazovi poput koordinacije između različitih oblika rada i mogućeg digitalnog zamora mogu uticati na efikasnost i timsku dinamiku.

Faktori koji najviše utiču na zadovoljstvo zaposlenih u hibridnom okruženju uključuju fleksibilnost radnog vremena, koja omogućava lakše upravljanje obavezama, kao i mogućnosti za profesionalni razvoj i obuku, što poboljšava motivaciju i osećaj cenenosti. Podrška od strane menadžmenta i efikasna komunikacija takođe igraju ključnu ulogu u zadovoljstvu zaposlenih, jer doprinose osećaju pripadnosti i povećavaju produktivnost. Sveobuhvatno gledano, hibridni model rada može značajno unaprediti radno okruženje, ali zahteva pažljivu organizaciju i podršku kako bi se maksimizirale prednosti i minimizovali nedostaci.

Konačno, zaključak metodološkog dela rada ističe ključne aspekte zadovoljstva zaposlenih i efekata hibridnog rada na radnu atmosferu. Analiza rezultata pokazuje da je stabilnost zaposlenja najznačajniji faktor uticaja na

zadovoljstvo zaposlenih, što ukazuje na kritičnu potrebu za pružanjem sigurnih i dugoročnih radnih mesta. Stabilnost ne samo da povećava osećaj sigurnosti kod zaposlenih, već i podstiče njihovu posvećenost i motivisanost.

U kontekstu hibridnog rada, zaposleni najviše cene mogućnost rada iz različitih okruženja i poboljšanu ravnotežu između profesionalnog i privatnog života. Međutim, postoje značajni izazovi u oblasti komunikacije i osećaja povezanosti, koji mogu uticati na timsku koordinaciju i kvalitet rada. Ovi aspekti ukazuju na potrebu za dodatnim ulaganjem u strategije koje će poboljšati interakciju i saradnju u hibridnim timovima.

Prema rezultatima, postoji potreba za pregledom i unapređenjem sistema plaćanja i razmatranjem prilagođavanja plata prema obimu i složenosti posla. Pored toga, preporučuje se uvođenje mera za poboljšanje komunikacije i jačanje timskog duha, što može uključivati redovne virtuelne sastanke, interaktivne radionice i programe obuke.

Za buduća istraživanja, važno je usredsrediti se na dublje proučavanje komunikacionih izazova u hibridnom okruženju i razvoj inovacionih rešenja za poboljšanje timske saradnje. Ovo će omogućiti organizacijama da bolje razumeju i adresiraju potrebe svojih zaposlenih, čime će doprineti ne samo povećanju zadovoljstva na poslu već i ukupnoj produktivnosti.

7. LITERATURA

- [1] Alkoud, S., & Qatamin, L. (2023). Hybrid Work in International Business: Challenges and Opportunities in light of Dual Factor Theory. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 13(7), 1354 – 1371.
- [2] Ogbuef, E. (2024). *The Future of Work, the Good, the Challenging and the Unknow*. Massachusetts: University of Massachusetts Amherst.
- [3] Dimitriu, R. (2023). The new challenges of hybrid working (part office, part home). *SHS Web of Conferences*, 177(23): 1-11.
- [4] Reena, D. (2023). Hybrid Work Models and Their Impact on Organizational Efficiency. *Journal of Remote Work and Organizational Behavior*, 15(9), 2688-2689.
- [5] Ruma, Z. (2023). The Role of Green Human Resource Mangament and Job Satisfaction in Affecting Employee Performance During the Covid 19 Pandemic. *International Journal of Humanity Advance, Business & Sciences*, 1(3): 223-234.
- [6] Meybodi, A., Jahanfekr, A., Mahjooro, H. & Hossein, E. (2024). Identifying the dimensions of employee experience according to the effect of satisfaction, work place and organizational culture. *International Journal of Human Capital in Urban Management*, 9(1): 85-100.
- [7] Namal, M. K., Tufan, C., & Arun, K. (2024). Decent work, employee satisfaction, and the mediating role of social courage in reducing turnover. *SAGE Open*, 14(2): 1-10.

- [8] Das, B. L. (2024). Job satisfaction and its importance: A review of literature. *Journal of Research in Business and Management*, 12(3), 29-37.
- [9] Hill, E. J., Hawkins, A. J., & Miller, B. C. (2001). Work and Family in the Virtual Office: Perceptions and Realities of Work and Family. *Family Relations*, 50(3), 275-287.
- [10] Mampuru, M. P., Mokoena, B. A., & Isabirye, A. K. (2024). Training and development impact on job satisfaction, loyalty, and retention among academics. *SA Journal of Human Resource Management*, 22(1): 1-10.
- [11] Aprilina, R., & Martdianty, F. (2023). The role of hybrid-working in improving employees' satisfaction, perceived productivity, and organizations' capabilities. *Journal of Theoretical and Applied Management*, 16(2): 206-222.

Kratka biografija:



Timea Pažin rođena je u Novom Sadu 1997. godine. Diplomске studije je završila na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 2023. godine. Stekla je zvanje Diplomirani inženjer menadžmenta-ljudskih resursa.

Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Industrijskog inženjerstva i inženjerskog menadžmenta- Menadžment ljudskih resursa odbranila je 2024.godine.
Kontakt: timeapazin@gmail.com

**REGRUTOVANJE ZAPOSLENIH I NJIHOV RAZVOJ U INDUSTRIJI
INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA****RECRUITMENT OF EMPLOYEES AND THEIR DEVELOPMENT IN IT INDUSTRY**

Tanja Jovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO I
MENADŽMENT**

Kratak sadržaj – *Predmet ovog istraživanja je bio utvrditi na koji način se dolazi do zaposlenih, kako se radi na njihovom razvoju, izazovima sa kojima se regruteri susreću prilikom traženja odgovarajućih kandidata, da li je potrebno da regruter ima i tehničko znanje vezano za IT, beneficije koje se nude zaposlenima, a koje su im bitne, stres i fluktuacija kod zaposlenih i da li početnici lako dolaze do posla.*

Ključne reči: *Informacione tehnologije, regrutovanje zaposlenih, razvoj zaposlenih*

Abstract – *Object of this research is to find a way how are employees found, ways of their development, challenges that regruters have when searching for suitable candidates, does a regruter have to have a technical knowledge about IT too what benefits organization offers and what benefits employees values, stress and fluctuation and difficulty to enter this industry for begginers.*

Keywords: *Informational technologies, regrutation, development of employees*

1. UVOD

Današnja era je donela mnoštvo tehnoloških dostignuća koja uveliko pomažu čoveku u svakodnevnom obavezama i aktivnostima tako što ih on pomoću novih tehnologija lakše ili brže obavlja ali se i javio problem što se usled velike konkurencije tehnologija brzo i menja pa je za organizacije neophodno da se u što kraćem roku prilagode promenama i da ukoliko ne mogu biti bolji od konkurencije, onda da barem mogu da je prate. Zaposleni se smatraju ključnim izvorom konkurentnosti u savremenom poslovanju. Kvalitetan sektor ljudskih resursa zna kako da stimuliše zaposlene da daju svoj maksimum, a time se generiše i veća vrednost rada, odnosno oni tada daju najbolje od sebe, predlažu ideje koje mogu razvijati organizaciju i njene proizvode i usluge i tako uticati na povećanje vrednosti oganizacije. IT industrija je najbrže rastuća industrija sa tendencijom konstantnog rasta. Ljudi sve više prelaze na onlajn bankarstvo i onlajn kupovinu tako da raste i broj potrebnih softverskih rešenja i aplikacija.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Ljubica Dudak, red. prof

Sada je teško zamisliti neku veću organizaciju bez IT odeljenja koje bi se bavilo zaštitom podataka, uvođenjem programa (softvera) i njegovog održavanja i ostalih radnji vezanih za poslovanje organizacije. Na IT granu industrije je pandemija kovid-19 virusa ostavila najmanji trag u vidu pada tražnje, ali jeste donela izvesne promene koje se tiču regrutovanja kandidata i načina rada, mada je ova grana industrije i ranije bila specifična po tom pitanju.

**2. IZAZOVI UPRAVLJANJA LJUDSKIM
RESURSIMA U INDUSTRIJI INFORMACIONIH
TEHNOLOGIJA**

Industrija informacionih tehnologija, odnosno IT industrija je industrija koja donosi najbrži povrat uložениh investicija, tako da ne čudi što je sve više start-up-ova iz ove grane industrije. Otvaraju se preduzeća koja rade na domaćem, ali i na stranom tržištu. Primetan je i veliki izvoz IT proizvoda. Samo u drugom kvartalu 2022. godine je došlo do rasta upotrebe elektronskog bankarstva od 9,55%, u odnosu na isti period prošle godine. Mobilno bankarstvo je povećano za 26,17%, broj transakcija putem digitalnog bankarstva je opao za 2,94% ali je zato mobilno bankarstvo povećano za 28,38%. Kupovina preko interneta je u stalnom porastu, čak Industrija informacionih tehnologija, odnosno IT industrija je industrija koja donosi najbrži povrat uložениh investicija, tako da ne čudi što je sve više start-up-ova iz ove grane industrije. Otvaraju se preduzeća koja rade na domaćem ali i na stranom tržištu. Primetan je i veliki izvoz IT proizvoda. 26,13% u odnosu na ovaj period 2021. godine. Raste upotreba instant plaćanja čiji rast iznosi 23.19% u odnosu na isti perod 2021. godine. Rast upotrebe IT tehnologija dovodi do porasta tražnje IT kandidata junior, srednjeg (medior) i senior nivoa. Najviše su tražени kandidati za senior pozicije ali je do njih i najteže doći.

Izazovi sa kojima se funkcija ljudskih resursa (HR) susreće u ovoj industriji su:

- Nedovoljno ili loše obučeni zaposleni u HR sektoru
- Zastarele tehnike regrutacije
- Pronalazak kvalifikovanih kandidata
- Upravljanje onlajn intervjuom
- Kompenzacije i beneficije koje će zainteresovati kandidate
- Zadržavanje visokokvalitetnih IT stručnjaka
- Zadovoljavanje potrebe za učenjem novih veština i radom na različitim projektima

- Kontinualno učenje i organizovanje sukcesije (Organizovanje obuka usled brzog zastarevanja tehnologija)

2.1. Kompetencije zaposlenih u odeljenju ljudskih resursa u IT industriji

Zadaci koji se nalaze pred HR timom nisu samo potraga za zaposlenima, njihova regrutacija i zadržavanje, osmišljavanje beneficija i stimulansa, planiranje obuka i razvoja, predviđanje potreba i strateško planiranje zapošljavanja, već i pravilan odabir kandidata koji će se svojim bihevioralnim karakteristikama uklapati u kulturu organizacije i stvaranje takve klime u organizaciji gde će zaposlenima biti uživanje da rade u toj organizaciji što dovodi do manje fluktuacije zaposlenih. Sektor ljudskih resursa u IT industriji se ne razlikuje mnogo od istih sektora u drugim organizacijama, ali ima nekoliko specifičnosti.

Pored organizacionih, socijalnih i komunikacijskih veština, specifične potrebne kompetencije i znanja zaposlenih u ljudskim resursima u IT sektoru su:

- Dobro poznavanje sistema rada IT kompanije (terminologije, tehnologija, timskih uloga);
- Odlično poznavanje IT tržišta;
- Sposobnost jasnog definisanja radnog mesta.

Postoji dosta obuka posvećenih regruterima u IT industriji i potreba za tim obukama svakog dana raste. Regruteri se upoznaju sa načinom rada i procesima kako bi znali koja pitanja da postavljaju kandidatima, ali i kako da sastave oglas za otvorenu poziciju. Važno je napomenuti da menadžer ljudskih resursa, odnosno, regruter treba da sarađuje sa sektorom gde je pojačanje potrebno kako bi se što preciznije odredile potrebne veštine i kvalifikacije kandidata.

Čest je slučaj i da zaposleni koji su radili u IT sektoru poželeva da pređu u HR sektor. Ovakvi zaposleni su dobro upoznati sa tehničkom stranom posla, ali je neophodno da steknu neophodna znanja za HR poziciju.

Zbog čega je bitno da HR regruter bude dobro obučan za "lov" na IT stručnjake? Zbog toga što se time smanjuje loš odabir kandidata, što dovodi do ponovnog otvaranja pozicije i ponovne potrage za odgovarajućim kandidatom. Svaki proces selekcije predstavlja trošak i u smislu vremena koje se posveti za pisanje kvalitetnog oglasa za otvorenu poziciju, vremena utrošenog na odgovaranje na mejlove, vremena posvećenog pozivima i intervjuu, vremenu posvećenog uvođenju u posao novozaposlenog, ali i finansijski trošak jer je potrebno platiti kako bi se oglas postavio na odgovarajuću platformu. HR regruter koji nema potrebna znanja često može loše definisati radno mesto, pa se dešava da kada ga IT kandidati protumače uvide da je u oglasu gde se traži jedna radna pozicija potrebno u stvari više radnih pozicija. Zbog ovoga je bitno da je HR regruter dobro upoznat sa tim šta to tačno organizaciji treba i koje su to neophodne kompetencije koje kandidat treba da ima.

„Istraživanja pokazuju da većina intervjua sa kandidatima pruža nedovoljno informacija zato što se menadžeri za ljudske resurse nisu dobro pripremili. Većina njih smatra

je njihovo ispitivanje nije bilo detaljno i potpuno. Smatraju da nisu bili dovoljno strogi prema svom stavu ili nisu imali dovoljno vremena da tokom intervjua saznaju ono što su hteli da znaju o kandidatu.“

2.2 Izazovi sa kojima se sreću IT profesionalci

IT sektor je prepun prilika i izazova. Postoji mnogo mogućnosti za učenje novih i uzbudljivih veština, kao i za visoke prihode. Problem koji se javlja je taj da IT osoblje i menadžment nisu uvek na istoj strani. Sektor koji se bavi ljudskim resursima u kompaniji mora da prepozna potrebe zaposlenih i ukaže menadžmentu na neophodnost zadovoljenja tih potreba.

Trenutni najveći izazovi prema *“Global Knowledge IT Skills and Salary”* izveštaju iz 2021 su:

- Preopterećenost na poslu;
- Sajber sigurnost;
- Nedostaci veština;
- Digitalna transformacija;
- Cloud tehnologija (cloud computing);
- Zapošljavanje;
- Budžet;
- Podrška menadžmenta u prioritizaciji novih veština;
- Analitika i upravljanje podacima;
- Automatizacija;
- Upravljanje projektima;
- Razvoj karijere.

3. OPIS ISTRAŽIVANJA

Predmet istraživanja je utvrđivanje potrebe za obukom regrutera u tehničkim oblastima vezanim za industriju u kojoj radi, načina regrutacije, privlačenja i zadržavanja zaposlenih u IT kompanijama, utvrđivanje motiva ispitanika da odaberu posao u IT industriji i ostanu u određenoj kompaniji i težina dolaska do posla za početnike.

Uzorak ispitanika

Ispitanici su bili različite starosne dobi i pola, studenti i zaposleni koji rade u različitim IT kompanijama, na različitim pozicijama vezanim za IT ili poslovima vezanim za HR (talent acquisition, technical regruter, IT regruter, dizajner, tester softvera, administrator mreže i drugi). U ispitivanju je učestvovalo 50 ispitanika. Nije bilo obavezno odgovoriti na sva pitanja pa su ispitanici iskoristili tu opciju.

Izvođenje istraživanja

Istraživanje je sprovedeno putem upitnika koji je slat meglom fakultetima i kompanijama iz IT industrije ili je dat poznanicima koji rade u ovoj industriji da ga popune i proslede svojim kolegama.

Instrument istraživanja / upitnik

Za istraživanje je korišćen upitnik koji je sastavljen uz konsultaciju sa mentorom ovog rada. Odgovori na pitanja su definisani petostepenom Likertovom skalom ili odabirom ponuđenih opcija sa odgovorima. U Upitniku je bilo ukupno trideset i jedno pitanje, tri demografska (pol, godine života i godine rada u IT sektoru), tri pitanja beneficije, šest pitanja vezana za stress i fluktuaciju, pet pitanja o tipu intervjuisanja kandidata, i šest pitanja

vezana za kandidate koji tek počinju karijeru u ovoj industriji, pitanja koja su se odnosila na iskustvo dobijanja posla u IT kompaniji, šest pitanja vezana za potrebom za regruterima i tehničko znanje, dva pitanja vezana za beneficije, šest pitanja vezana za stress i fluktuaciju, pet pitanja o tipu intervjuisanja kandidata, i šest pitanja vezana za kandidate koji tek počinju karijeru u ovoj industriji.

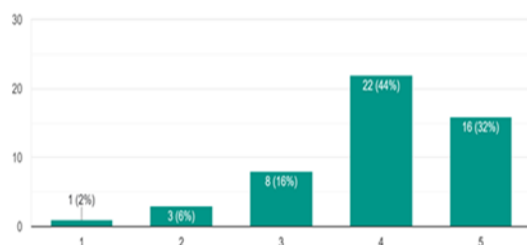
4. DISKUSIJA HIPOTEZA

U ovom istraživanju pošlo se od sledećih pretpostavki:

Hipoteza 1: Da bi regruter izvršio kvalitetan odabir kandidata mora da poseduje i tehničko znanje iz spomenute industrije.

Hipoteza 1. se pokazala kao tačna. Ispitanici su izjavili da se uglavnom slažu da regruter mora da pored svog znanja poseduje i tehničko znanje (44 %)

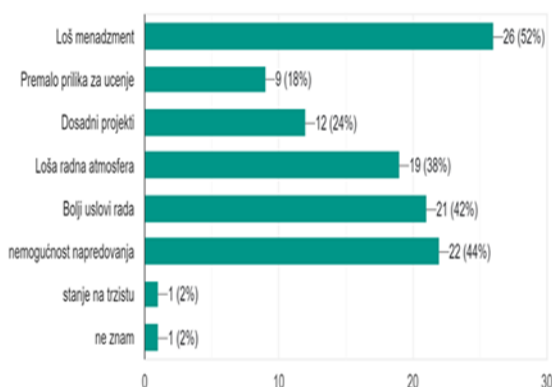
Za uspešan odabir kandidata iz IT-ja potrebna kombinacija znanja i veština vezanih i za HR i za tehničke veštine?



Slika 1. Grafički prikaz da li regruter pored znanja o regrutaciji mora da poseduje i tehničko znanje

Hipoteza 2: Zaposlenima su bitne beneficije u kompaniji i obuke koje ona pruža ali loše upravljanje će ih ipak navesti na odlazak iz kompanije.

Šta je po vama razlog fluktuacije zaposlenih?



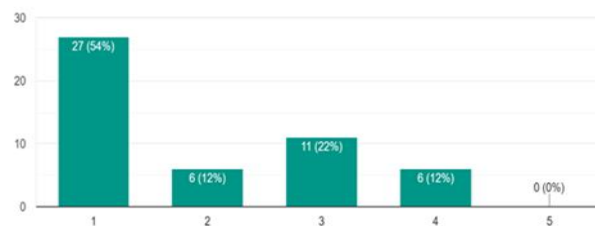
Slika 2. Grafički prikaz razloga fluktuacije

Hipoteza broj 2 se pokazala kao tačna. Bez obzira koje beneficije kompanija nudi zaposlenima ispitanici su izjavili (52%) da ukoliko je menadžment loš zaposleni će otići iz takve sredine.

Hipoteza 3: Stres zbog sve većih zahteva je glavni razlog odlaska iz organizacije.

Hipoteza 3 je tačna jer je 54% ispitanika navelo da ne bi ostalo u organizaciji ukoliko su loši uslovi za rad.

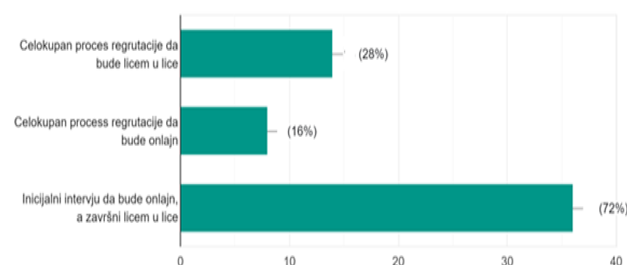
Ostali bi ste u organizaciji gde su neadekvatni uslovi za rad i loša radna atmosfera ukoliko bi ta organizacija nudila redovne obuke i prilike za sticanje novih znanja veština?



Slika 3. Grafički prikaz odgovora ispitanika da li bi ostali u organizaciji gde su neadekvatni uslovi rada ukoliko organizacija redovno organizuje obuke

Hipoteza 4: Da bi došli do što kvalitetnijih kandidata IT regruteri kombinuju onlajn intervjue i intervjue licem u lice.

Najbolji način regrutacije po vama je

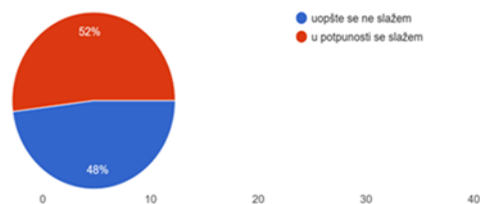


Slika 4. Grafički prikaz odgovora koji je najbolji način regrutacije

Hipoteza 4 je tačna. Ispitanici, njih 56%, su izjavili da organizacija praktikuje onlajn intervjuisanje. Da organizacije kombinuju tradicionalni način intervjuisanja sa onlajn intervjuisanjem potvrđuje 72% ispitanika.

Hipoteza 5: Početnici nemaju problem da dođu do posla u ovoj indsutriji.

Kao početnik ste lako došli do posla u IT sektoru



Slika 5. Grafički prikaz odgovora na pitanje da li početnici lako dolaze do posla u IT sektoru

Hipoteza 5 je tačna jer je 52% ispitanika izjavilo da je lako došlo do posla, a 64% smatra da je brzo uspelo da dođe do zaposlenja.

5. PREDLOG MERA

Predlog mera obuhvata:

- Obezbediti stalne obuke za IT regrutere vezane za tehnički aspekt rada u IT industriji radi boljeg prepoznavanja kvalitetnih kandidata.
- Organizovati različite aktivnosti u organizaciji (*team building*), radi poboljšanja međuljudskih odnosa i promene atmosfere u organizaciji, kako bi se zaposleni rasteretili i bolje upoznali, razmenili iskustva, odnosno, povezali i postali posvećeniji svojim timovima i organizaciji.
- Obezbediti obuku srednjeg i nižeg menadžmenta iz upravljanja projektima, radi boljeg prepoznavanje resursa kojima kompanija raspolaze i radi efikasnog organizovanja rada timova na projektima. Tako bi se izbegao nedovoljan broj ljudi na projektima i sprečilo da dođe do sagorevanja kod zaposlenih,
- U sklopu upravljanja performansa zaposlenih, potrebno je napraviti plan napredovanja za svakog zaposlenog i precizan plan potrebnih obuka.
- Napraviti plan socijalizacije novozaposlenih i početnika kako bi se bolje i brže povezali sa organizacijom.
- Napraviti bazu sa informacijama o kandidatima koji su početnici. Na taj način bi organizacija mogla da kontaktira potencijalnog kandidata bez oglašavanja otvorene pozicije što smanjuje troškove regrutacije.
- Program mentorstva za početnike i zaposlene srednjeg nivoa radi sticanja novih znanja i veština.

6. ZAKLJUČAK

Nedostaci potrebnih veština su veliki problem u ovoj industriji. Promene na IT tržištu su brze i veliki procenat zaposlenih ne poseduje potrebne veštine i na organizacijama je da na vreme prepoznaju potrebe timova i da redovno organizuju potrebne obuke ukoliko žele da ostvare željene rezultate. Nedovoljan broj IT stručnjaka koji se bave *Cloud* tehnologijom može biti podsticaj svim nivoima zaposlenih u IT sektoru da se preusmere na tu oblast i počnu da rade na sticanju veština potrebnih za rad u *Cloud*-u. Generička stručnost u računarstvu u oblaku nije dovoljna, već je imperativ je da stručnjaci u oblaku imaju trenutne skupove veština i vežbaju na platformama sa kojima redovno sarađuju. Još jedna od zahtevnih sfera je i analitika i upravljanje podacima. Ovde takođe ne postoji dovoljan broj zaposlenih, niti kandidata sa potrebnim veštinama, a potreba za njima će rasti.

Izazovi u zapošljavanju se mogu prevazići preusmeravanjem pažnje sa fakultetske diplome na veštine koje kandidat poseduje. Sada je moguće i potpuno besplatno naučiti rad u nekim programima i vežbati u *open source* projektima. To su projekti gde se radi volonterski i imate mogućnost da vaš rad oceni neko sa više iskustva i da vas ispravi ili usmeri ka rešenju problema na kojem radite.

Veoma je bitno da menadžment podržava obuke iako ne vidi opipljive rezultate jer zaposleni u ovoj industriji imaju snažnu želju za napredovanjem i sticanjem novih veština, a ukoliko menadžment ne želi da ulaže u svoje zaposlene oni će otići tamo gde je menadžment voljan da to čini. Zbog ovoga je bitno imati i dobrog vođu projekta koji će moći da prepozna potrebe tima i iskomunicira te

potrebe sa menadžmentom. Organizacije moraju da više ulažu i u obučavanje voditelja timova jer su oni bitna spona između menadžmenta i zaposlenih u timu i mogu sprečiti odlazak zaposlenih u druge organizacije ukoliko prepoznaju potrebu za dodatnim obukama, zaposlenima ili drugim resursima i ubede menadžment u neophodnost ulaganja u iste.

Iz svega ovoga možemo videti da uz odgovorajuće poslovne procese vezane za regrutaciju, obuku i optimizaciju poslovanja, IT organizacije mogu uspešno prebroditi svaku krizu.

7. LITERATURA

- [1] Bahtijarević – Šiber F. (1999) Menadžment ljudskih potencijala, Golden marketing, Zagreb
- [2] Gusdorf M. L. (2008) Recruitment and Selection: Hiring the Right Person, Society for Human Resource Management, Alexandria, VA 22314, USA
- [3] Maslach C, Schaufeli W.B., Leiter M.P. (2001) Job burnout, Annual review of psychology, American Psychological Association (APA), San Mateo, California. 52 (1), 397-422
- [4] Nowicki, M.D. and Rosse J.G. Managers' Views Of How To Hire: Building Bridges Between Science And Practice. Journal of Business and Psychology, 2002:17
- [5] Pflanz, S. (1999) Psychiatric illness and the workplace: Perspectives for occupational medicine in the military. Mil Med, 164(6): 401-6

Kratka biografija



Tanja Jovanović je rođena 1984 godine u Jagodini. Osnovne studije upisuje na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, smer inženjerski menadžment - modul menadžment ljudskih resursa. Master studije nastavlja na istom smeru. Tokom svoje radne karijere je uvidela da je privlači rad u sektoru ljudskih resursa i zato bira ovaj smer. Učestvovala je na dva Estieem takmičenja i radila na rešavanju studije slučaja za *Air Serbia* i Telekom kompaniju.

AUTOMATIZOVANI MIKSER ZA KREM MED**AUTOMATED CREAM HONEY MIXER**Božana Bukva, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO**

Kratak sadržaj – Dat je opis pojma automatizacije procesa rada i njen značaj u svakodnevnom životu. U skladu sa tehnologijom proizvodnje krem meda, projektovano je idejno rešenje automatizovanog miksera za krem med. Predstavljen je 3D model mašine i njenog upravljačkog ormara. Izabrane su odgovarajuće komponente mašine i napisan je kod za pametni relej.

Ključne reči: Automatizacija procesa rada, krem med, pametni relej

Abstract – The concept of process automation and its significance in everyday life is described. In accordance with the technology for producing cream honey, an ideal solution for an automated mixer for cream honey has been designed. A 3D model of the machine and its control cabinet is presented. Appropriate components for the machine have been selected, and code for the smart relay has been written.

Keywords: Process automation, cream honey, smart relay

1. UVOD

Automatizovani sistemi imaju široku primenu u mnogim industrijskim sistemima, od rukovanja predmetima rada u svim oblastima industrije, preko bojenja sprejom, zavarivanja i montažnih procesa sve do rukovanja teškom opremom. Uz njihovu pomoć prave se kvalitetni proizvodi za potrošače, povećava se bezbednost na radnom mestu a investitorima omogućavaju realizaciju veće stope povećanja investicija jer su u stanju da proizvode robu i 24 časa dnevno, tokom cele godine, osim u periodima redovnog održavanja. Takođe, omogućavaju prikupljanje relevantnih podataka u realnom vremenu, na osnovu kojih se donose odgovarajuće upravljačke odluke i deštuje akcijama konkretnih izvršnih organa.

Pod pojmom automatizacija procesa rada podrazumevaju se sve mere čiji je cilj ostvarenje tehnoloških procesa i angažovanje tehnoloških sistema bez neposrednog učešća čoveka [1].

Konstantan razvoj tehnologije dovodi do sve veće primene robotike i automatizacije u svakodnevnom životu, što znači da one više nisu strogo vezane za industrijske sisteme. Danas se skoro sve može automatizovati, bilo da je to svetlo, električna utičnica, sistem grejanja, roletine, vrata ili ceo stambeni objekat.

NAPOMENA: Ovaj rad proistekao je iz Master rada čiji mentor je prof. dr Gordana Ostojić.

Sve prethodno navedene stavke imaju zajednički naziv Internet stvari, odnosno IoT (eng. Internet of Things). Ova tehnologija omogućava da se uređaji međusobno povezuju putem Interneta i menjaju podatke, čime se povećava efikasnost, produktivnost i bezbednost.

Pored Internet stvari, neindustrijsku automatizaciju odlikuju i mašine ili uređaji kojim upravlja SCADA sistem (eng. Supervisory Control And Data Acquisition) ili programibilni logički kontroler (eng. Programmable Logic Controller – PLC). Primeri toga su: pametne košnice, pametne kuće za ljubimce, automatizacija navođenja, automatizacija laboratorija i sl.

Upravo je tema ovog rada projektovanje automatizovanog miksera za krem med i njegovog upravljačkog sistema, pri čemu je upravljanje realizovano pomoću pametnog releja, uređaja koji predstavlja ekonomičnije rešenje u odnosu na PLC.

2. KREM MED I TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE KREM MEDA

U poslednjih par godina, krem med je postao posebno popularan među potrošačima pčelarskih proizvoda širom sveta. Ali ne proizvode ga pčele, već ljudi. Krem med se razlikuje od običnog meda po tome što ima drugačiju konzistenciju, delikatnu, prijatnu teksturu, svetao, izražen ukus. Masa izgleda kao kondenzovano mleko, gust majonez ili krem, od čega i potiče ime proizvoda [2].

Krem med je prehrambeni proizvod koji se dobija jednostavnom tehnologijom prerade običnog meda bez uticaja na njegova dobra svojstva. Tehnologija proizvodnje zasniva se na obezbeđenju mehaničkog delovanja, odnosno uobičajenog mešanja svežeg tehničkog proizvoda u trenutku kada počinje njegova kristalizacija [3]. Tačnije, svež tečni med se meša sa kristalizovanim medom u odnosu 9:1 na temperaturi od 14 stepeni. Na taj način kristali, koji čine do 80% meda, počinju da se lome i raspadaju, a sama masa prestaje da se stvrdnjava i počinje da gubi viskoznost. Proces prerade meda traje relativno dugo, 5-10 dana u zavisnosti od stepena kristalizacije meda koji se prerađuje [4].

3. PROJEKTOVANJE AUTOMATIZOVANOG MIKSERA ZA KREM MED

Uspešna automatizacija zasniva na dobro osmišljenom i kvalitetno realizovanom projektu automatizacije procesa rada.

Sa ciljem povećanja kvaliteta proizvoda i tehnološkog postupka, kao i oslobađanja čoveka od monotonog i zahtevanog posla, stvorila se ideja za razvoj

automatizovanog miksera za krem med. Osnovna funkcija miksera ogleda u petnaestominutnom mešanju meda, a zatim mirovanju od sat vremena. Princip njegovog rada je detaljnije objašnjen u okviru narednog poglavlja, a 3D model idejnog rešenja, kreiran u SolidWorks softverskom okruženju, prikazan je na slici 1.



Slika 1 - 3D model idejnog rešenja automatizovanog miksera za krem med

3.1 Komponente miksera

Sastavni deo automatizovanog miksera za krem med čine sledeće komponente: trofazni motor sa reduktorom, mešač za med i kanta za med sa postoljem. U okviru ovog poglavlja prikazan je način izbora pomenutih komponenti.

3.1.1 Trofazni motor sa reduktorom

Trofazni motori su elektromagnetni pretvarači energije, koji pretvaraju električnu energiju u mehaničku (motorski režim) ili obrnuto (generatorski režim) u skladu sa zakonom elektromagnetne indukcije. Za izvršenje datog zadatka, potrebno je da motor radi u motorskom režimu, gde magnetno polje i provodnik sa strujom izazivaju kretanje.

Prilikom izbora motora potrebno je poznavati osnovne osobine pogonske mašine, što su u ovom slučaju sledeći podaci:

- Maksimalna masa meda koja se meša ($m_{max} = 42$ [kg]),
- Prečnik kante ($R = 350$ [mm]) i
- Zahtevani broj obrtaja vratila motora ($n = 40$ [o/min]).

Snaga motora predstavlja osnovni parametar koji se uzima u obzir prilikom izbora motora, jer predstavlja meru efikasnosti motora i sposobnost da proizvede rad. Ona određuje maksimalnu brzinu i performanse mašine, kao i sposobnosti pri opterećenju.

U kontekstu rotacije, snaga se može predstaviti kao proizvod momenta sile i broj obrtaja vratila motora:

$$P = M \cdot n \cdot \frac{\pi}{30}$$

Kako moment sile nije poznat, potrebno ga je izračunati.

Moment sile, ili obrtni moment, je fizička veličina koja opisuje sposobnost sile da izazove rotaciju objekta oko određenog oslonca ili ose. Kako dati mikser treba da meša

med definisanom brzinom koja je konstantna, prilikom rotacionog kretanja on razvija samo moment potreban za savlađivanje sile trenja te formula za moment sile glasi:

$$M = \mu \cdot F \cdot r$$

Koeficijent trenja tečnosti zavisi od niza faktora, uključujući vrstu tečnosti, temperaturu, pritisak i površinu između koje dolazi do trenja. Kada je u pitanju med, on spada u viskozne tečnosti i ima specifične karakteristike.

Za potrebe ovog rada, kao koeficijent trenja meda koristiće se vrednost 0,5 [6].

U slučaju automatizovanog miksera za krem med, delujuća sila na mešač jeste težina meda koja predstavlja proizvod njegove mase i gravitacione sile ($g = 9,81 \frac{m}{s^2}$). Ako se u prethodnu formulu upiše ovaj proizvod, dobija se formula koja sadrži sve poznate veličine:

$$M = \mu \cdot m \cdot g \cdot r$$

$$M = 0,5 \cdot 42 [kg] \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,175 [m] = 36,06 [Nm]$$

Sada su poznati svi podaci neophodni za proračun snage:

$$P = 36,06 [Nm] \cdot 40 \left[\frac{o}{min} \right] \cdot \frac{3,14}{30} = 150,97 [W] \approx 0,151 [kW]$$

Kao motor uzima se prvi veći standardni motor, što je u ovom slučaju motor snage $P = 0,18 [kW]$. U skladu sa tim, predložen je Techtop T2A 632-4 četvoropolni asinhronni motor.

Motori u velikom broju slučajeva imaju veliku brzinu obrtanja pri kojoj je izlazni momenat mali. Smanjivanjem napona brzina obrtanja se ne može drastično promeniti, te se zbog toga koristi mehanički dodatak odnosno reduktor koji se montira na vratilo motora. Reduktor sistemom zupčanika smanjuje brzinu, a povećava moment na novom izlaznom vratilu [7]. Bira se na osnovu zahtevanog redukcionog odnosa prema formuli:

$$i = \frac{n_{max}}{n_{zahtevano}}$$

Izabrani motor ima od $n_{max} = 1400 \left[\frac{o}{min} \right]$, pa zahtevani redukciono odnos iznosi 35 : 1.

Za mehanički prenos snage izabranog motora predložen je Sati VP 30_30_63B14_U pužni reduktor sa prenosnim odnosom $i = 30$ i veličini priрубnice B14 koja odgovara veličini priрубnice motora.

3.1.2 Kanta za med sa postoljem

Za dati zadatak izabrana je inox kanta prečnika 350 [mm] i visine 390 [mm], čija maksimalna količina tečnosti iznosi 40 [l] što za med predstavlja maksimalnu težinu od 50 [kg]. Međutim, med prilikom mešanja dobija na volumenu, pa preporučena količina za ovu veličinu kante iznosi 42 [kg] meda. Kanta ima ugrađeno postolje koje joj daje dodatnu stabilnosti i visinu slavine, te na taj način nudi mogućnost lakog točenja meda u teglu.

3.1.3 Mešač za med

Predloženo rešenje za mešač predstavlja zavareni spoj osovine, čiji je prečnik 15 [mm] a dužina 380 [mm] i

četiri inox pločice dimenzija 310 [mm] x 30 [mm] x 20 [mm]. 3D model mešača, kreiran u SolidWorks softverskom okruženju, je prikazan na slici 2.



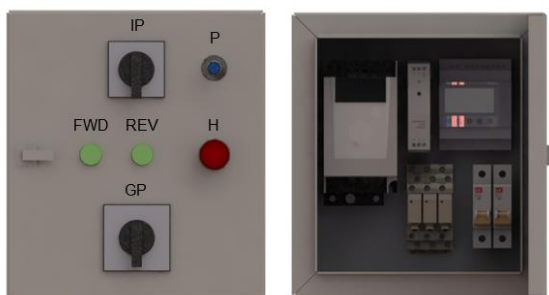
Slika 2 - 3D model mešača

Mešač i kanta su napravljeni od inoks materijala koji je predviđen za korišćenje u prehrambenoj industriji, jer je otporan na koroziju i kao takav pogodan za ovu namenu.

4. UPRAVLJAČKI SISTEM MIKSERA

Osnovna funkcija automatizovanog miksera za krem med ogleda se u petnaestominutnom mešanju meda, a zatim mirovanju od sat vremena. Mešanje se vrši pomoću mešača za med koji pokreće trofazni motor sa reduktorom. Reduktor smanjuje brzinu obrtanja motora i povećava izlazni moment motora pri čemu motor dobija potrebnu snagu za mešanje meda, materije velike gustoće. U toku mešanja, motor menja smer svoje rotacije, odnosno sedam minuta motora se rotira u desnu stranu, zatim miruje jedan minut pa se osam minuta rotira u levu stranu. Menjanje smer rotacije motora je omogućeno zahvaljujući upravljanju preko frekventnog regulatora, a brzina obrtaja motora se kontroliše preko potencijometra. Potencijometar je direktno povezan na frekventni regulator i na taj način vrši kontrolu protoka struje u električnom kolu.

Mikser može da radi u dva režima rada, automatski i ručni režim rada, koji se biraju pomoću izbornog prekidača (oznaka IP) smeštenog u upravljačkom ormaru miksera (0 – uređaj isključen, 1 – manuelni režim rada i 2 – režim rada rada i 2). U ručnom režimu rada moguće je aktivirati okretanje motora u željenom smeru pritiskom na jedan od dva tastera (FVD – rotacija motora u desnu stranu i REV – rotacija motora u levu stranu). Za razliku od ručnog, princip rada miksera u automatskom režimu rada je regulisano programiranjem Zelio Logic pametnog releja. Takođe, na prednjoj strani upravljačkog ormara se nalaze glavni prekidač (oznaka GP), potencijometar (oznaka P) i signalna lampica (oznaka H), koja se uključuje ukoliko postoji neka greška u radu frekventnog regulatora.



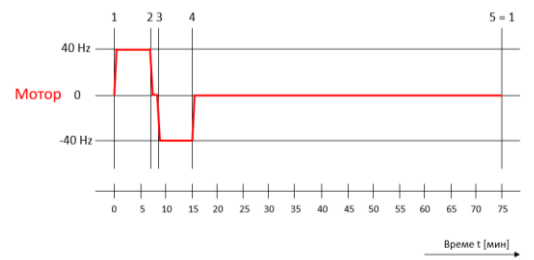
Slika 3 – Upravljački ormar date mašine

Na slici 3 je predstavljena prednja strana upravljačkog ormara miksera, kao i njegova unutrašnjost.

Izabran je ETI GT 25 30 14 upravljački ormar sa IP66 štitom (apsolutna zaštita od prolaza prašine i jakog mlaza vode). Dimenzije ormara su sledeće: dužina 250 [mm], visina 300 [mm] i širina 140 [mm].

4.1 Upravljački dijagram put-vreme

Izvršni organ automatizovanog miksera za krem med jeste trofazni motor sa reduktorom i zato se, pomoću dijagrama put-vreme, prati samo njegovo stanje u toku određenog vremenskog perioda. Kako u toku rada motora menja svoju smer rotacije, na vertikalnoj osi je predstavljena vrednost frekvencije rada motora. Tačnije, kada motor radi na frekvenciji od 40 [Hz] on se rotira u desnu stranu, a prilikom rada na frekvenciji od -40 [Hz] rotira se na levu stranu. Svaka rotacija traje po sedam minuta, a između rotacije potrebno je da motor bude zaustavljen, u ovom slučaju jedan minut. Mirovanje motora između rotacije je neophodno jer nije dobro da motor naglo promeni smer kretanja zbog inercije. Nakon mešanja meda, motor miruje sat vremena pre početka novog ciklusa mešanja. Na horizontalnoj osi dijagrama predstavljeno je vreme izraženo u minutima, a dijagram put-vreme za dati zadatak predstavljen je na slici 4.



Slika 4 – Dijagram put-vreme

4.2 Komponente upravljačkog sistema

Upravljački sistem automatizovanog miksera za krem med sadrži se od samih komponenti, a način izbora tih komponenti je prikazan u okviru ovog poglavlja.

4.2.1 Frekventni regulator

Statički frekventni regulatori su elektronski uređaji koji omogućavaju upravljanje brzinom trofaznih motora pretvarajući mrežni napon i frekvenciju, koje su fiksirane vrednosti, u promenljivoj veličini. Smer rotacije osovine u asinhronnom motoru je određen sekvencom faza napona napajanja. Ako se dve faze zamene, smer u kome se motor okreće se menja. Frekventni regulator može izvršiti tu promenu elektronskom promenu fazne sekvence. Promena smer rotacije je, u ovom slučaju, postignuta pomoću digitalnog ulaznog signala.

Postoje različiti načini za izbor odgovarajućeg frekventnog regulatora. Za potrebe rada je iskorišćen najpraktičniji način a to je izbor u odnosu na to da nominalna vrednost snage veličine frekventnih regulatora prate standardne serije asinhronih motora. Snaga izabranog motora iznosi 0,18 [kW], ali se frekventni regulatori sa snagom manjim od 0,37 [kW] retko koriste.

Prema tome, izabran je Schenider Electric ATV12H037M2 frekventni regulator.

4.2.2 Potencijometar

Potencijometar je električna komponenta promenljive vrednosti koja se koristi za regulisanje protoka struje ili napona u električnom kolu. U kontekstu kontrole brzine motora, potencijometar je potrebno direktno povezivati na frekventni regulator i na taj način vršiti kontrolu protoka napona ili struje koja se šalje na analogni ulaz frekventnog regulatora. Za potrebe rada, izabran je LA42DVK-22VK linearni potencijometar.

4.2.3 Naponska jedinica

Svaka upravljačka komponenta datog idejnog rešenja, osim frekventnog regulatora, radi na naponu od 24 [V] DC. Izabrani frekventni regulator radi na naponu od 230 [V] AC i zbog toga ne zahteva napajanje preko naponske jedinice.

Za napajanje jednosmerne struje izabrana je najmanja jedinica dostupna na tržištu a to je Meanwell MDR-20-24 naponska jedinica. Izlazna struja ovog napajanja iznosi 1 [A] na naponu od 24 [V] DC.

4.2.4 Osigurači

Osigurači su uređaji koji predstavljaju zaštitu strujnih kola od preopterećenja tako što se aktiviraju kada struja preraste njihovu vrednost [8]. Za potrebe datog sistema izabrani su automatski osigurači ETI C6A 1P, koji služi za zaštitu vodova i uređaja povezanih na L1 fazu, i ETI C4A 1P, koji ima zadatak da štiti vodove i uređaje povezane na 24 [V] DC nakon izvora napajanja. Oznaka C znači da osigurač ima sporo vreme reagovanja a broj pored oznake P predstavlja broj polova osigurača.

4.2.5 Releji

Za projektovanje upravljačkog sistema automatizovanog miksera za krem med potrebna su tri releja, pri čemu aktivacija jednog, oznaka K1, signalizira da je uključen automatski režim rada, a dva releja su potrebna kao deo upravljanja smerom obrtanja motora (K2 – desni smer i K3 – levi smer). Uzimajući u obzir ove uslove, izabrana su tri OMRON G2R-2-S releja.

4.2.6 Pametni relej

Pametni relej je mali PLC dizajniran za upotrebu u industrijskim okruženjima. Idealan je za jednostavne upravljačke zadatke, jednu mašinu ili mali sistem. Opremljen je ograničenim brojem ulaza i izlaza, koji se obično koriste za osnovne logičke funkcije kao što su „I“, „LI“ i „NE“ operacije.

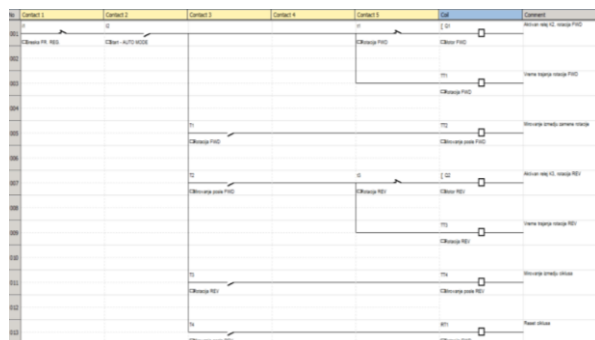
Kako je princip rada datog miksera jednostavan, za programiranje njegovog upravljačkog sistema nije neophodan PLC nego će se koristiti pametni relej, koji predstavlja ekonomičnije rešenje. Izabran je Zelio Logic SR2 SR3, pametni relej kompanije Schneider Electric.

5. PROGRAM ZA PAMETNI RELEJ

Automatski rad datog miksera za krem med realizovan je kroz program pametnog releja. Za programiranje je korišćen Zelio Soft softver dostupan za besplatno preuzimanje na internet sajtu kompanije Schneider

Electric, a upravljačka logika je programirana pomoću lader dijagrama.

Program za datu mašinu prikazan je na slici 5.



Slika 5 – Program automatizovanog miksera za krem med

6. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA

Nakon što je završeno projektovanje idejnog rešenja mašine, dat je predračun za njegovu realizaciju pri čemu ukupna cena mašine iznosi 919 €.

7. ZAKLJUČAK I PRAVCI DALJIH ISTRAŽIVANJA

Krem med je tek stigao na prostor Balkana i predstavlja značajan trend u proizvodnji i potrošnji hrane. Vremenom se očekuju veća popularnost i potražnja na tržištu i od nje će zavisiti i rast potreba za specijalizovanim automatizovanim mašinama koje će pomagati u proizvodnji, pakovanju i distribuciji krem meda. S obzirom na to, predviđa se da će se investicije u tehnologiju i automatizaciju povećavati, kako bi se ispunile potrebe tržišta i poboljšala efikasnost proizvodnje. Takođe, sve veća primena ovih mašina stvorice potrebu za novijim istraživanjima u cilju stvaranja veće konkurentnosti na tržištu.

8. LITERATURA

- [1]. Automatizacija procesa rada – pneumatske komponente i sistemi, Dragan Šešlija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [2]. IS HONEY CREAM SO USEFUL Yudakhina Maria Anatolyevna Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Russia
- [3]. Internet stranica: <https://ifood.decorexpro.com/sr/med/krem-osobennosti-produkta/>, pristupljeno dana: 10.08.2024.
- [4]. S I.Pirig; Yu. Dmytryshyn CREAM-MED IS A TASTY AND USEFUL TREND

Kratka biografija:

Božana Bukva rođena je 02.02.1999. u Prijedoru. Diplomirala je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na smeru Industrijsko inženjerstvo – Automatizacija procesa rada, 2022. godine. Master rad iz oblasti Industrijskog inženjerstva – „Automatizovani mikser za krem med“, odbranila je 2024. godine.
Kontakt: bozana.bukva@gmail.com

**KORPORATIVNA DRUŠTVENA ODGOVORNOST PREMA ZAPOSLENIMA U
PROIZVODNOJ ORGANIZACIJI****CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY TOWARD EMPLOYEES IN A PRODUCTION
ORGANIZATION**

Jelena Bajalica, Ljubica Duđak, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO I
MENADŽMENT**

Kratak sadržaj – Rad se bavi konceptom korporativne društvene odgovornosti (KDO), daje se značenje pojma korporativne društvene odgovornosti i navode definicije ovog pojma, osnovne dimenzije i područja primene i model KDO. Primena korporativne društvene odgovornosti prema zaposlenima je bila predmet istraživanja u izabranoj proizvodnoj kompaniji. Kroz istraživanje utvrđeno je da li se koncept korporativne društvene odgovornosti prema zaposlenima u toj kompaniji primenjuje i u kojoj meri.

Ključne reči: Korporativna društvena odgovornost, Dimenzije KDO, Područja primene KDO, KDO prema zaposlenima

Abstract – The paper deals with the concept of corporate social responsibility (CSR), gives the meaning of the concept of corporate social responsibility and lists the definitions of this term, the basic dimensions and areas of application and the model of CSR. The application of corporate social responsibility towards employees was the subject of research in a selected manufacturing company. Through the research, it was determined whether the concept of corporate social responsibility towards the employees of that company is applied and to what extent.

Keywords: Corporate social responsibility (CSR), Dimensions of CSR, Areas of application of CSR, CSR towards employees

1. UVOD

U današnje vreme brojni državni zakoni i propisi, vladini pritisci, učestalija očekivanja od strane zaposlenih u kompaniji, intenzivirana intreresovanja investitora, ali i stalni upiti od strane kupaca, predstavljaju samo neke od najvažnijih elemenata zbog kojih se kompanije sve više pozivaju na društveno odgovorno poslovanje.

Savremeno kompanijsko poslovanje koje pretpostavlja kontinuiranu satisfakciju potrošača i drugih interesnih grupa na tržištu, upućuje na aplikaciju visokih standarda upravljačkog menadžmenta. Sistemi upravljanja organizacijama dobijaju veći kvalitet, sa posebnim osvrtom na KDO.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ljubica Duđak, red.prof.

Velika konkurencija na globalnom nivou, pred preduzeća stavlja zahteve stalnog razvijanja konkurentske sposobnosti i prednosti. I u tom cilju preduzeća sve više pokazuju interes za ljudske resurse jer oni predstavljaju izvor inovativnosti, informisanosti, kreativnosti i znanja, pa samim tim su ključan faktor u ostvarivanju ciljeva preduzeća. Inteligencija, zdrav razum, znanja i kreativne sposobnosti organizacije da se uspešno nosi s poslovnim promenama i neizvesnom budućnošću. O ljudskom kapitalu kao faktoru uspešnosti i konkurentnosti preduzeća može se govoriti jedino ukoliko su zaposleni zadovoljni, pa samim tim i usmereni na ostvarivanje ciljeva preduzeća. Zbog toga se u današnje vreme u kompanijama javlja veliki interes za onaj deo aktivnosti korporativne društvene odgovornosti koji se odnosi na zaposlene.

**2. KORPORATIVNA DRUŠTVENA
ODGOVORNOST**

Korporativna društvena odgovornost se odnosi na odgovornost ekonomskog sektora za aktivnosti koje nadilaze stvaranje profita. Radi se o aktivnostima koje imaju uticaj na prirodnu okolinu, društvo i ljudske resurse.

Korporativna društvena odgovornost je širok pojam, pa ne postoji jedinstvena definicija koja se može primeniti na sve situacije. Razne definicije koje danas postoje, u velikoj meri zavise od institucije ili autora, od zemlje i pravne tradicije. Tako, Kilcullen i Kooistra društvenu odgovornost posmatraju kao "stepen moralnih obaveza koje se mogu pripisati korporacijama iznad jednostavne poslušnosti zakonima države [1]. Prema Kotleru i Li "korporativna društvena odgovornost kompanija predstavlja opredeljenje kompanija za unapređenje dobrobiti zajednice kroz diskrecionu (dobrovoljnu) poslovnu praksu i doprinose na račun sopstvenih resursa" [2]. Dok CSR Europe smatra da je "društvena odgovornost način na koji kompanija upravlja i poboljšava svoj društveni i ekološki uticaj kako bi stvorila vrednost za svoje akcionare i zainteresovane strane inoviranjem svoje strategije, organizacije i poslovanja" [3]. Heterogenost u definicijama KDO-a nastavlja konstantno da se povećava. Stoga će se u nastavku navesti osnovne karakteristike koje će pojednostaviti koncept korporativne društvene odgovornosti.

Prema Kerolu postoje četiri dimenzije društvene odgovornosti (slika 1.):

• **Ekonomska dimenzija** - poslovna organizacija predstavlja osnovnu ekonomsku jedinicu u društvu. Kao takva, njena glavna uloga je proizvodnja dobara i pružanje usluge koje su potrošačima potrebne, uz ostvarivanje profita.

• **Pravna dimenzija** - od kompanija se očekuje da poštuju zakonske propise, ali i da se pridržavaju lokalnih, saveznih i međunarodnih zakona. Takođe kompanije moraju razumeti pravila regulatornih tela za svoju industriju.

• **Moralna dimenzija** - obuhvata one aktivnosti i prakse koje se očekuju od strane članova društva, iako nisu uređene zakonom.

• **Filantropska dimenzija** - obuhvata one korporativne akcije koje su u skladu sa očekivanjima društva i koje kompanije prikazuje kao „dobre korporativne građane“.



Slika 1. Kerol (Caroll)-ova piramida (hijerarhija dimenzija društvene odgovornosti)

U pet tipova filozofije korporativne društvene odgovornosti spada:

• **Podstaknuta saglasnošću** - obezbeđivanje društvenog blagostanja, uz postupanje u skladu sa propisima. Motiv korporativne odgovornosti na ovom nivou percipiran je kao dužnost ili ispravno ponašanje.

• **Podstaknuta profitom** – predstavlja integraciju socijalnih, etičkih i ekoloških aspekata poslovnih operacija, koji treba da doprinesu finansijskoj performansi firme (profitabilnost).

• **Podstaknuta brigom** – odnosi se na brigu koja se ogleda u uravnoteženju ekonomskih, socijalnih i ekoloških interesa, koji su iznad pravne saglasnosti i profitabilnosti i odnosi se na socijalnu odgovornost za planetu.

• **Sinergijska** - uključuje korporativnu socijalnu odgovornost i traganje za funkcionalnim solucijama u ekonomskim, socijalnim i ekološkim poljima, uzimajući u obzir sve relevantne stakeholdere. Motiv ove akcije znači da je održivost sama po sebi značajna.

• **Holistička** – korporativna socijalna odgovornost je potpuno integrisana u svaki aspekt kompanije i orijentisane se na doprinos kvalitetu i produžetku života. Motiv se ogleda u tome, da svako u organizaciji, kao i sama

organizacija ima univerzalnu odgovornost prema svim drugim bićima.

Korporativna društvena odgovornost prema nekim autorima se najviše primenjuje u sledećim oblastima:

• **Zaposleni** (fokus na zaposlene, njihova primanja, prava, radnu sredinu, kvalitet, lojalnost)

• **Tržište** (fokus na transparentnom poslovanju, pozitivnim odnosima prema investitorima, kupcima, dobavljačima i ostalim poslovnim partnerima, pozitivan uticaj kompanije na ekonomiju)

• **Šira društvena zajednica** (uspostavljanje dobrih odnosa sa lokalnom zajednicom, i učešće u rešavanju lokalnih problema)

• **Životna sredina** (smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu, i aktivnosti u oblasti zaštite prirodnog okruženja)

Dva osnovna modela korporativne društvene odgovornosti su:

• **Stokholder model ili ekonomski model** koji polazi od činjenice da je kompanija u privatnom vlasništvu i da ima za cilj isključivo maksimizaciju profita

• **Stakeholder model ili socioekonomski model** koji prepoznaje da kompanija ima više odgovornosti i da treba da služi čitavoj zajednici, uključujući i druge društvene grupe osim akcionara

3. KORPORATIVNA DRUŠTVENA ODGOVORNOST PREMA ZAPOSLENIMA

Unutar organizacije se korporativna odgovornost, u prvom redu, odnosi na zaposlene i na pitanja kao što su intelektualni kapital, doživotno obrazovanje i usavršavanje zaposlenih, prihvatanje i kreiranje promena, nagrađivanje prema zalaganju i rezultatima rada, ravnopravnost i jednake šanse i slično [4].

Kada je u pitanju odgovornost prema zaposlenima organizaciji su na raspolaganju neke od mera:

• kvalitet radne sredine, zdravlje i bezbednost zaposlenih na radnom mestu

• bolji protok informacija u organizaciji, odnosno, dvosmerno komuniciranje,

• transparentnost rada organizacije, odnosno, uključenost zaposlenih u donošenje odluka,

• omogućavanje celoživotnog učenja,

• ravnopravnost zaposlenih i jednake mogućnosti za sve,

• pravedne zarade zaposlenih i raznovrsni vidovi nagrađivanja,

Preduzeće posebnu pažnju treba da posveti adekvatnom odnosu kako prema postojećim zaposlenima, tako i potencijalnim zaposlenima, posebno posmatrano sa aspekta poštovanja ljudskih prava. Zaštita prava radnika podrazumeva:

• Zaštitu zdravlja radnika – koja se danas reguliše međunarodnim standardima ISO 45001:2018

• Zaštitu opštih prava radnika kao zaposlenih u odnosu na ponašanje poslodavaca – koja podrazumevaju pravo na ravnopravan tretman pri zapošljavanju, bez obzira na rasu ili pol; pravo na slobodu govora; pravo na poštovanje svakog zaposlenog; pravo na zaštitu od bilo kakve vrste

uznemiravanja i pravo na udruživanje i sindikalno organizovanje.

4. ISTRAŽIVANJE

4.1. Predmet i problem istraživanja

Predmet istraživanja u okviru ovog master rada je koncept korporativne društvene odgovornosti prema zaposlenima u konkretnom proizvodnom preduzeću.

Problem istraživanja je vrlo često zanemarivanje očekivanja i potreba i nepoštovanje prava zaposlenih, što utiče na nezadovoljstvo zaposlenih. To dalje može da dovede do lošeg poslovanja kompanije i negativne reputacije, pogotovo kod potencijalnih zaposlenih. Zbog toga je bilo važno istražiti da li postoji u kompanijama koncept korporativne društvene odgovornosti prema zaposlenima i u kojoj meri se on primenjuje.

4.2. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja jeste utvrditi u kojoj meri se primenjuje koncept korporativne društvene odgovornosti prema zaposlenima u kompaniji "Henkel" i utvrditi različite aspekte korporativne društvene odgovornosti prema zaposlenima, odnosno glavni cilj je bio pokušati doći do odgovora, sa stanovišta zaposlenih, da li se kompanija "Henkel" odgovorno odnosi prema njima.

Praktični cilj rada je bio da se nakon prikupljanja i analize rezultata, daju predlozi za poboljšanje odnosa prema zaposlenima i samim tim, uspešnijeg poslovanja posmatrane kompanije.

4.3. Metodologija istraživanja

Empirijsko istraživanje sprovedeno je anketiranjem zaposlenih u kompaniji "Henkel". U istraživanju je učestvovalo 52 zaposlena i istraživanje je sprovedeno podelom anketnih upitnika zaposlenima. Anketni upitnik se sastojao od 32 pitanja podeljenih u dve grupe. Prva grupa pitanja obuhvata 5 pitanja koji se odnose na opšte podatke o ispitanicima. Drugi deo upitnika obuhvata tvrdnje na koje je bilo potrebno odgovoriti zaokruživanjem broja koji označava stepen slaganja odnosno neslaganja sa iznetim tvrdnjama (1 - sasvim netačno; 2 - uglavnom netačno; 3 - nisam siguran/na; 4 - uglavnom tačno; 5 - sasvim tačno). Upitnik je kreiran u Microsoft Word programu i potpuno je anoniman.

Metode koje su korišćene u istraživanju su tabelarno i grafičko prikazivanje, i deskriptivna statistika kojom se prikazuju srednje vrednosti, i to aritmetička sredina, mod, medijan, devijacija, minimalna i maksimalna vrednost.

4.4. Hipoteze istraživanja

Kako bi bilo moguće ostvariti ciljeve empirijskog istraživanja postavljena je osnovna, nulta hipoteza:

H0: Ispitanici smatraju da se kompanija odgovorno odnosi prema svojim zaposlenima.

Prilikom definisanja ove hipoteze pošlo se od toga da je kompanija "Henkel" multinacionalna kompanija koja zapošljava oko 50.000 zaposlenih iz 124 države sveta, a kako živimo u ekonomiji znanja gde se zaposleni odnosno njihovo znanje, sposobnosti i veštine smatraju

konkurentskom prednošću, pretpostavka je da jedna velika korporacija, da bi i dalje opstajala, mora da ulaže u svoje zaposlene, poštuje njihova prava, obezbeđuje im zdravlje i bezbednost na radu, omogućava razvoj i učenje, odnosno korporativno odgovorno se odnosi prema njima.

Da bi se došlo do odgovora da li se kompanija "Henkel" odgovorno odnosi prema svojim zaposlenima ili ne, bilo je potrebno rasčlaniti glavnu hipotezu na sledeće pomoćne hipoteze:

H1: Zdravlje i bezbednost na radu su adekvatni uslovima rada u kompaniji

Najveći broj zaposlenih se složio da se kompanija "Henkel" odgovorno odnosi kada su u pitanju bezbednosti i zaštita zdravlja njenih zaposlenih na radnom mestu, pa se *hipoteza H1 usvojena*.

H2: U kompaniji postoji ravnopravnost zaposlenih i jednake mogućnosti za sve

Kada su u pitanju ravnopravnost zaposlenih i jednake šanse za sve, najveći broj zaposlenih nije bio siguran šta da odgovori na tvrdnje u upitniku povezane sa ovim aspektom, pa samim tim se *hipoteza H2 odbija* jer se ne može da zaključiti da li se što se tiče ovog aspekta kompanija "Henkel" ponaša odgovorno ili ne.

H3: U kompaniji postoji etički kodeks koga se svi pridržavaju

Najveći broj zaposlenih smatra da u kompaniji postoji etički kodeks ponašanja koga se svi pridržavaju, pa samim tim se može *hipoteza H3 usvojiti*.

H4: Zaposleni u kompaniji su uključeni u upravljanje i donošenje odluka i preuzimaju odgovornost za rezultate poslovanja

Ustanovljeno je da najveći procenat zaposlenih, kada je u pitanju uključenost zaposlenih u upravljanje i donošenje odluka i preuzimanje odgovornosti za rezultate poslovanja, nije bio siguran šta da odgovori na tvrdnje u upitniku povezane sa ovim aspektom, pa samim tim se *hipoteza H4 odbija*.

H5: Zaposleni u kompaniji su motivisani da ostvaruju efikasan sistem komuniciranja i postoji povratna informacija

Kada je u pitanju motivisanost da se ostvaruje efikasan sistem komuniciranja i postojanje povratne informacije u kompaniji, najveći broj zaposlenih je odgovorio na tvrdnje u upitniku povezane sa ovim aspektom sa "uglavnom tačno", pa se samim tim se *hipoteza H5 prihvata*.

H6: Zaposleni u kompaniji se podstiču na razvoj karijere kroz usavršavanje svojih znanja i sposobnosti, jer su oni preduslov za napredovanje

Najveći procenat zaposlenih, kada je u pitanju podsticanje razvoja karijere kroz usavršavanje znanja i sposobnosti jer su one preduslov za napredovanje na tvrdnje u upitniku povezane sa ovim aspektom je odgovorio sa "Nisam siguran/a", pa samim tim se *hipoteza H6 odbija*.

H7: Sistem nagrađivanja u kompaniji obezbeđuje pravične nagrade, nagrađuje stručni kvalitet i

ponašanje zaposlenih i zaposleni su uključeni u njegovo kreiranje

Na tvrdnje u upitniku koje se tiču toga da sistem nagradjivanja obezbeđuje pravične nagrade i da su zaposleni uključeni u njegovo kreiranje, najveći broj zaposlenih je odgovorio sa "Nisam siguran/a", pa samim tim se **hipoteza H7 odbija**, odnosno nije moguće zaključiti da li se kompanija "Henkel" što se tiče aspekta nagradjivanja ponaša odgovorno ili ne.

H8: Edukacija, treninzi i usavršavanje je omogućeno svim zaposlenima u kompaniji kako bi se povećalo znanje neophodno za obavljanje posla, ne postoji starosna granica za učenje, niti kompanija na obuku i razvoj gleda kao na dodatni trošak koji opterećuje poslovanje

Na osnovu analize došlo se do zaključka da najveći broj zaposlenih na tvrdnje u upitniku koje se tiču edukacije, treninga i usavršavanja nije znao šta da odgovori, pa se samim tim **hipoteza H8 odbija**.

Na osnovu prethodnih testiranih hipoteza može se zaključiti da najveći broj ispitanih zaposlenih kompanije "Henkel" nije siguran kada su u pitanju dejstva različitih aspekata korporativne društvene odgovornosti. Kako je veći broj hipoteza odbijen, jer su zaposleni na tvrdnje postavljene u okviru anketnog upitnika najviše odgovorili sa "Nisam siguran/na", može se zaključiti da se **H0 hipoteza odbija**. U slučaju da postoje aspekti korporativne društvene odgovornosti u kompaniji "Henkel" većina zaposlenih nije dovoljno obučena da iste odmah uoči, ili aspekti korporativne društvene odgovornosti nisu na adekvatan način iskomunicirani zaposlenima, pa samim tim ne mogu sa sigurnošću da prepoznaju njihovo dejstvo.

4.5. Mere unapređenja

Kako zaposleni nisu sigurni u vezi sa delovanjima različitih aspekata društvene odgovornosti to znači da postoji potreba za boljim objašnjenjem i komunikacijom politike KDO unutar organizacije. Da bi kompanija "Henkel" poboljšala prepoznavanje i razumevanje KDO prema zaposlenima potrebno je da menadžment ljudskih resursa u ovoj kompaniji:

- **Poveća transparentost, tačnije da jasno komunicira politike i ciljeve KDO-a** prema zaposlenima, redovno izveštava o aktivnostima i rezultatima KDO inicijativa, uključujući uspehe i izazove što može da pomogne zaposlenima da vide konkretne efekte i vrednosti tih napora,
- **Organizuje obuke i radionice koje obuhvataju aspekte KDO-a** i kako oni utiču na zaposlene, što može da pomogne zaposlenima da bolje razumeju ciljeve i koristi tih praksi,
- **Angažuje zaposlene u planiranju i implementaciji KDO inicijativa što može povećati njihovo poverenje i osećaj pripadnosti.** Zaposleni će se najverovatnije posvetiti programima koje su sami pomogli oblikovati,
- **Promoviše primere dobre prakse ističući konkretne primere kako korporativna društvena odgovornost utiče na zaposlene.** Primeri dobre prakse uključuju priče o uspehu, priznanjima, ili drugim inicijativama koje imaju pozitivan uticaj,

• **Povezuje KDO sa svakodnevnim iskustvima, odnosno potrebno je prikazati kako inicijative korporativne društvene odgovornosti pozitivno utiču na svakodnevni rad i dobrobit zaposlenih,** kao što su poboljšanja u radnom okruženju, programi za balans između posla i privatnog života,

• I najvažnije, u sve aktivnosti uključiti liderstvo, odnosno **osigurati da lideri i menadžeri aktivno podržavaju i promovišu inicijative korporativne društvene odgovornosti** jer njihova posvećenost može značajno da utiče na percepciju i usvajanje tih inicijativa od strane zaposlenih.

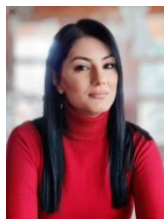
5. ZAKLJUČAK

Korporativna društvena odgovornost nije samo etička dužnost, već i strateški imperativ u savremenom poslovanju. Organizacije koje prepoznaju značaj i ulaganje u svoje zaposlene, ne samo da osiguravaju svoj dugoročni uspeh, već i doprinose stvaranju zdravijeg, produktivnijeg i pravednijeg radnog okruženja. U vremenu gde se očekivanja zaposlenih stalno menjaju, KDO predstavlja put ka održivosti i konkurentskoj prednosti, stvarajući temelj za prosperitet ne samo kompanije, već i šire zajednice.

6. LITERATURA

- [1] Kilcullen, M., and Kooistra, J., A t least do not harm: sources on the changing role of business ethics and corporate social responsibility, „References Services Review”, 2, MCB University Press, 1999.
- [2] Kotler, F., Li, N., Društveno odgovorno poslovanje, suvremena teorija i najbolja praksa, Zagreb, M.E.P., 2009. str. 14
- [3] Bowen, Howard R., Social Responsibilities of the Businessman, New York: Harper and Brothers, 1953
- [4] Duđak, Lj. (2020) Korporativna društvena odgovornost (skripta), Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Kratka biografija:



Jelena Bajalica rođena je u Šibeniku 1989 god. Osnovne studije je završila na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 2019. godine, odbranivši diplomski rad na temu Motivacija zaposlenih u javnom sektoru na teritoriji opštine Novi Sad. Iste godine je upisala master studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Menadžment ljudskih resursa.



Prof. dr Ljubica Duđak je redovni profesor Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu i bavi se tehnologijom organizacije preduzeća, menadžmentom i menadžmentom ljudskih resursa, odnosno problemima vezanim za zaposlene u organizacijama. Predaje predmete Planiranje ljudskih resursa, Ljudski resursi u procesu rada, Ljudski resursi u ekonomiji znanja i Korporativna društvena odgovornost.

**ANALIZA I MODELOVANJE EVAKUACIJE – BLOK AMFITEATRI, FAKULTET
TEHNIČKIH NAUKA****EVACUATION ANALYSIS AND MODELING – AMPHITHEATER BLOCK, FACULTY
OF TECHNICAL SCIENCES**

Jana Opačić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – UPRAVLJANJE RIZIKOM OD
KATASTROFALNIH DOGAĐAJA I POŽARA**

Kratak sadržaj – *Primenom programskog paketa Pathfinder i aktuelnih nacionalnih tehničkih propisa u Republici Srbiji izvršena je kontrola tehničkih performansi bezbednosti od požara evakuacionih puteva bloka amfiteatara koji pripada objektu Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Koristeći program Pathfinder kreiran je model objekta i sprovedene su tri karakteristične simulacije scenarija evakuacije. Sprovedene simulacije ukazale su na probleme koji se mogu javiti u stvarnoj situaciji i probleme koji nisu rešeni ispunjenjem osnovnih tehničkih zahteva, te su dati predlozi mera unapređenja bezbednosti od požara i uslova evakuacije.*

Ključne reči: *amfiteatri, bezbednost od požara, scenario evakuacije, softverska simulacija*

Abstract – *The fire safety performance of the amphitheater block at the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad was checked in the context of evacuation, using the Pathfinder software package and current national technical regulations. Three distinctive simulations of evacuation scenarios were applied. The simulations derived from the three evacuation scenarios highlight the problems which may occur in real-life situations, as well as the problems which were not solved by meeting the basic technical requirements. Therefore, proposal measures for improvement of fire safety and evacuation conditions were provided.*

Keywords: *amphitheaters, fire safety, evacuation scenario, software simulation*

1. UVOD

Poslednjih nekoliko decenija obeleženo je intenzivnim proučavanjem i usavršavanjem metoda evakuacije sa ciljem smanjenja broja povređenih i umrlih lica. U periodu između 2014-2018. god. američke vatrogasne brigade reagovala su na približno 3.230 školskih požara [1]. Na osnovu prikupljenih podataka od strane National Fire Incident Reporting System-a (NFIRS) statistički je istaknuto da je čak 43% školskih požara u SAD-u izazvano namerno [1]. U Švedskoj godišnje izbiće oko 25.000 požara od kojih je 10-15% izazvano namerno [2].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Laban, red. prof.

U proseku između 60-70% požara u školama izazvani su namerno ili slučajno korišćenjem otvorenog plamena [3]. U prostorima gde se veliki broj lica duže zadržava (npr. škole i univerziteta) upešno izvedena evakuacija zavisi od: brzine širenja požara, početne lokacije izbijanja požara, geometrije prostora, vidljivosti, korisnikove pribranosti, brzine reagovanja, poznavanja prostora, itd. Glavni elementi uspešno izvedene evakuacije jesu brzina, efikasnost i bezbednost korisnika objekta.

U ovom radu sprovedena je analiza požarne bezbednosti objekta bloka Amfiteatri koji pripada kompleksu zgrada Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Analiza je izvršena metodom ček liste i primenom programskog paketa Pathfinder. Metodom ček liste procenjen je nivo primene minimalnih tehničkih zahteva koji se odnose na bezbednost od požara. Kriterijumi su izvedeni iz važećih aktuelnih nacionalnih tehničkih propisa Republike Srbije. Programom Pathfinder dobijeni su rezultati izvođenjem simulacija evakuacija, koji su poslužili kao polazna osnova za procenu bezbednosti korisnika objekta u slučaju požara i unapređenja mera bezbednosti od požara.

2. EVAKUACIJA AMFITEATARA FTN-a**2.1. Opis objekta**

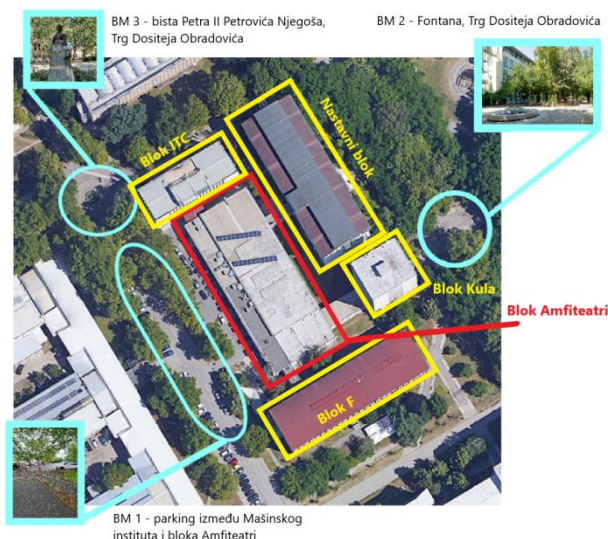
Blok amfiteatri je objekat spratnosti Su+P+1, površine 3.500 m² gde je maksimalni broj prisutnih osoba, određen prebrojavanjem stolica u objektu, 1200 lica. Prema važećem propisu objekat se svrstava u II kategoriju ugroženosti – javni i poslovni objekti u kojima se okuplja više od 1.000 lica [4].

Noseća konstrukcija objekta izvedena je od armiranog betona (stubovi i međuspratnice), spoljni zidovi izvedeni su od opeke i malterisani, a izvedena su i AB platna za ukrucenje. Pregradni zidovi su izvedeni od opeke (malterisani i obojeni), gips-kartonskih ploča ili lakih drvenih pregrada (lakirana ili plastificirana iverica). Krov je ravan i neprohodan. Svetla visina prostorija iznosi 345 cm, dok je u amfiteatrima maksimalna visina 740 cm. Osim četiri amfiteatra blok sadrži i sledeće prostorije: portirnicu, skriptarnicu, kopirnicu, magacin skriptarnice, biblioteku, čitaonicu, kancelarije, poštu, sanitarne čvorove, ostave, prostoriju kluba profesora i štampariju (GRID).

Objekat ima jedan glavni ulaz i pet sporednih. Sa drugim blokovima (nastavni blok, blok ITC, blok Kula i blok F) spojen je preko pasarela. Sva vrata u objektu se otvaraju u pravcu evakuacije osim unutrašnjih vetrobranskih vrata

glavnog ulaza i vrata od pošte. Prema tehničkim zahtevima, prostorije amfiteatara trebaju imati minimalno dva prva izlaza u vidu dvokrilnih vrata, međutim amfiteatri A3 i A4 imaju po jedna dvokrilna vrata. Vertikalne komunikacije u objektu ostvarene su preko AB stepeništa pozicioniranog naspram glavnog ulaza u objekat.

Ceo objekat predstavlja jedan požarni sektor. U bloku amfiteatri ne postoje koridori evakuacije niti sigurnosna stepeništa. U objektu je postavljeno 18 ručnih aparata za gašenje požara koji se nalaze na vidnim i pristupačnim mestima. Unutar objekta ne postoje unutrašnji hidranti, ali postoje dva hidranta u neposrednoj blizini objekta. Sistem za ručnu dojavu požara postavljen je između amfiteatara A2 i A3. Panik svetla i znakovi evakuacije su postavljeni na odgovarajućim mestima. Plan evakuacije je istaknut na zidu prizemlja između čitaonice i prostorije kluba profesora. Locirana su tri mesta okupljanja na otvorenom prostoru. Bezbedna mesta su prikana na slici ispod (slika 1).



Slika 1. Situacioni plan objekta sa bezbednim mestima

2.2. Parametri evakuacije u Pathfinder programu

Programski paket *Pathfinder* je „agent-based“ simulator kretanja ljudi i njihovog napuštanja prostora u ovom slučaju evakuacije. Rezultati programa predstavljeni su u 3D formatu kao i u obliku CSV grafikona 2D vremenske istorije izlaznih podataka i kao tekstualni sažetak vremena pražnjenja soba ili brzine protoka lica kroz vrata.

Zarad izvođenja simulacije evakuacije potrebno je da dodelimo karakteristična ponašanja akterima simulacije – u ovom slučaju u vidu smera kretanja prema krajnjim izlazima. Na slikama 2-8 prikazani su planovi objekta odnosno prostorije iz kojih se akteri evakušu i one su uokvirene različitim bojama. Boje ukazuju na krajnje izlaze na koje su akteri poslani da izvrše evakuaciju. U tabeli 1 prikazani su krajnji izlazi i njima dodeljene boje.

Svim akterima je dodeljena brzina kretanja 1.5 m/s. U scenarijima evakuacije postavke modela su iste, a razlike se javljaju u broju ljudi usmerenih na određene krajnje izlaze tj. broju ljudi kojima je dodeljeno karakteristično ponašanje i broju krajnjih izlaza. Simulacije koje su odabrane su: simulacija prema planu evakuacije, najduža

simulacija koju je sam program odredio kao „najbržu“ i najbrža simulacija. Broj aktera sa kojima se vrši simulacija evakuacije je 1200.

Tabela 1. Legenda izlaza

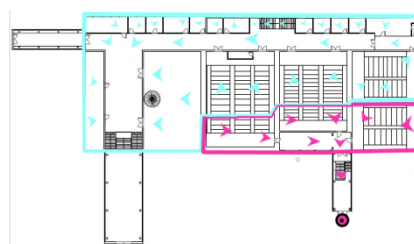
Krajnji izlaz	Boje
Pošta	Crvena
Glavni izlaz kod portira	Svetlo plava
GRID izlazi sa strane „Mašinac“	Žuta
GRID glavni izlaz	Ljubičasta
Izlaz kod toatela amfiteatara	Zelena
Nastavni blok	Roze
Kula	Narandžasta
ITC	Braon

2.3. Scenario 1 – evakuacija prema planu evakuacije

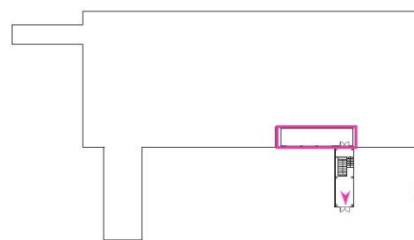
Predstavljena simulacija izvedena je na osnovu plana evakuacije istaknutog u objektu Amfiteatri. Realno vreme izvođenja evakuacije je 5.13 minuta. Simulacija koja je izvedena je odraz stvarnog stanja na terenu. Iako objekat ima više izlaza čije korišćenje bi olakšalo i ubrzalo sprovođenje evakuacije određeni izlazi nisu u funkciji tj. zaključani su: izlaz kod toaleta od amfiteatara, GRID – izlazi sa strane kafića „Mašinac“, izlaz kroz zgradu ITC i izlaz od bloka Kula. Na slikama 2, 3 i 4 prikazane su putanje evakuacije aktera kroz zadate izlaze.



Slika 2. Simulacija 1 – put evakuacije iz suterena



Slika 3. Simulacija 1 – put evakuacije iz prizemlja



Slika 4. Simulacija 1 – put evakuacije sa sprata

Na samom početku simulacije najveće gustine ljudi su u samim prostorijama amfiteatara. Pokretanjem simulacije akteri započinju ispunjavati svoje zadatke tj. kretanje ka zadatim krajnjim izlazima. Prvi akteri koji su se evakuisali su iz onih prostorija u kojima prvi izlaz predstavlja ujedno i krajnji izlaz kao i iz prostorija GRID-a. Sa početkom evakuacije polako se prave „zagušenja“ na prvim izlazima iz amfiteatara, čitaonice i učionica u prizemlju. Pre nego se svi akteri iz suterena uspeju evakuisati, akteri iz prizemlja koji su usmereni ka glavnom izlazu ih stižu i time usporavaju evakuaciju iz suterena. Akteri iz učionica koje se nalaze naspram amfiteatara bi se najbrže evakuisali kroz izlaz kod toaleta amfiteatara međutim ovaj prolaz je zaključen te su usmereni ka glavnom stepeništu gde nastaju velika zagušenja zbog priliva aktera iz čitaonice, kluba profesora i amfiteatara A1, A2 i A3. Takođe bi se ruta ka glavnom izlazu rasteretila da se koriste izlazi prema pasareli sa ITC-om i Kulom. Treba se istaknuti da pre nego što zagušenja na glavnom stepeništu i u glavnom hodniku ispred amfiteatra A1 nastanu, akterima u amfiteatrima se prva prepreka ka brzom evakuaciji nalazi u samim prolazima između fiksiranih klupa i stolova. Takođe, sam program ubrzava ili usporava brzinu kretanja aktera prilikom njihovog kretanja uz ili niz stepenice. Svi akteri iz amfiteatra A4, učionice sa sprata i sa donjih klupa iz amfiteatara A1 i A2 usmereni su ka krajnjem izlazu nastavnog bloku. Problem velike gustine ljudi usmerenih na usko stepenište javlja se usled velikog priliva aktera iz prostorije A4.

Kritične tačke u simulaciji locirane su ispred prvih izlaza amfiteatra A1, na glavnom stepeništu naspram glavnog ulaza/izlaza iz bloka Amfiteatri, na uskim prolazima između klupa u amfiteatrima i na stepeništu koje vodi ka izlazu nastavni blok.

2.4. Scenario 2 – evakuacija koju je program odredio kao najbržu

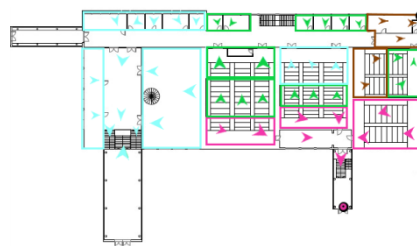
U scenariju 2 svi postavljeni parametri su isti kao i u prvom scenariju osim što se karakteristično ponašanje aktera promenilo. U ovom scenariju svi mogući krajnji izlazi (osim Kule) naznačeni u tabeli 1 su otvoreni. Scenario 2 je simulacija evakuacije koju je sam program Pathfinder odredio kao najbržu. Realno vreme evakuacije sa zadatim parametrima je 6.15 minuta. Na slikama 5 i 6 vide se rute kretanja aktera, s tim da je kretanje aktera sa sprata isto kao u prvom scenariju.



Slika 5. Scenario 2 – put evakuacije iz suterena

Razlike koje se javljaju u odnosu na prvi scenario jesu te da je manji broj usmeren ka glavnom izlazu objekta. Sa otvaranjem krajnjeg izlaza kod toaleta od amfiteatara i preusmeravanjem aktera iz okolnih učionica, gornjih

tribina amfiteatara A1, A2 i A3, glavno stepenište i glavni izlaz su znatno rasterećeni.



Slika 6. Scenario 2 – put evakuacije iz prizemlja

Evakuacija iz prostora GRID-a se takođe odvija brže sa otvaranjem sporednih izlaza. Otvaranjem izlaza prema ITC-u situacija na hodniku ispred amfiteatara je minimalno poboljšana. Međutim, preusmerenjem velikog broja ljudi iz amfiteatra A1 i A2 na stepenište malog kapaciteta kod toaleta dovelo je do stvaranja velikog zagušenja na toj deonici. Situacija na krajnjem izlazu prema nastavnom bloku je ista kao i u prethodnoj simulaciji.

2.5. Scenario 3 – najbrža evakuacija

Svi postavljeni parametri su isti kao u prethodnim simulacijama, s tim da su sada svi krajnji izlazi navedeni u tabeli 1 otvoreni i upotrebljeni u simulaciji. Realno vreme evakuacije je 3.07 minuta. Evakuacija sa prvog sprata objekta se izvodi kao i u prethodnim scenarijima. Na slikama 7 i 8 prikazane su putanje kretanja aktera prema krajnjim izlazima.



Slika 7. Scenario 3 – put evakuacije iz suterena



Slika 8. Scenario 3 – put evakuacije iz prizemlja

Kao i u prethodnim scenarijima akteri koji su se nalazili u prostorijama, gde su prvi izlazi bili ujedno i krajnji, su se prvi evakuisali. Akteri sa prvog sprata su ponovo usmereni ka nastavnom bloku. U ovom scenariju akteri su ravnomernije usmereni na različite krajnje izlaze. Ovim potezom deonice koje su prethodno bile zagušene (glavno stepenište, hodnik prizemlja i prvi izlaz čitaonice) su rasterećeni. Treba napomenuti da sa otvaranjem novih krajnjih izlaza, početna zagušenja na prolazima u

amfiteatrima ne može da se promeni zbog velikog broja prisutnih u ovakvim prostorijama (sa fiksiranim sedištim i stolovima). Sa preusmerenjem većeg broja aktera na izlaz ITC došlo je do usporavanja evakuacije u ovoj deonici zbog konfiguracije prostora. Pre samog krajnjeg izlaza postoji mali predprostor koji je preko dvoje jednokratnih vrata povezan sa glavnim hodnikom prizemlja. Program Pathfinder prilikom propuštanja aktera kroz izlaze stavlja ograničenje da kroz izlaze iz prostorija akteri moraju prolaziti jedan po jedan čime se evakuacija usporava. U poslednjem momentu evakuacije mesta na kojima se odvijala evakuacija su na krajnjim izlazima nastavni blok i kod toaleta amfiteatara.

3. KOMPARATIVNA ANALIZA REZULTATA

U simulacijama evakuacija svi parametri su bili isti osim broja otvorenih krajnjih izlaza. U tabeli 2 prikazan je tačan broj aktera koji su bili poslani na krajnje izlaze u sva tri scenarija.

Tabela 2. Broj aktera poslatih na krajnje izlaze

Scenario prema PLANU evakuacije		Scenario NAJDUŽE evakuacije		Scenario NAJBRŽE evakuacije	
Glavni izlaz	906	Glavni izlaz	394	Glavni izlaz	355
		Izlaz kod WC-a amfiteatara	440	Izlaz kod WC-a amfiteatara	211
GRID glavni izlaz	29	GRID glavni izlaz	9	GRID glavni izlaz	9
		GRID izlaz sa strane „Mašinac“	20	GRID izlaz sa strane „Mašinac“	20
		ITC	97	ITC	193
Nastavni blok	264	Nastavni blok	239	Nastavni blok	267
				Kula	154

U prvoj evakuaciji ograničeno korišćenje izlaza dovelo je do nagomilavanja velikog broja aktera na deonici amfiteatri – glavno stepenište čime su stvoreni veliki „čepovi“ aktera. 906 aktera od upuno 1200 je usmereno na glavni izlaz što je dovelo do blokiranja glavne deonice puta evakuacije i sprečavanja aktera da napuste svoja početna mesta. Drugi scenario, iako je sam program odredio kao najbrži, u realnosti je bio najduži. Problem koji je program prevideo jeste da stepenište kod toaleta amfiteatara je stepenište malog kapaciteta i da preusmerenjem velikog broja aktera na njega dovodi do zagušenja prostora između početka stepeništa i amfiteatra A1. U poslednjem scenariju koji je bio najbrži, na najbolji način je izvršena evakuacija. Iako su i u ovoj simulaciji postojala mesta zagušenja, preusmeravanje aktera na različite izlaze dovelo je do njihovog brzog razrešenja. Najbrža evakuacija završena je za 184.2 sekunde, odnosno 188 sekundi pre simulacije koju je program sam odredio kao najbržu (scenario 2).

4. ZAKLJUČAK

Blok amfiteatri je objekat koji se prevashodno sastoji od prostorija namenjenih za boravak velikog broja ljudi što otežava evakuaciju ukoliko nije dobro isprojektovano. Iako je objekat isprojektovan i sagrađen u saglasnosti sa tehničkim zahtevima iz tada aktuelnih važećih propisa, sprovođenjem simulacija evakuacija programom *Pathfinder* istaknuti su realni problemi koji se mogu svakodnevno javiti. Korisnici objekta se suočavaju sa problemom da i sama primena minimalnih tehničkih zahteva ne garantuje bezbednu i efikasnu evakuaciju. Ovakve studije slučajeva su od velike važnosti, jer izrada simulacija evakuacija dovodi do organizacionih, preskriptivnih i bezbednosnih promena, koje za rezultat imaju smanjenje povreda ljudi i povećanje broja preživelih u požarima i drugim incidentima.

5. LITERATURA

- [1] Campbell, R. (2020) *Structure fires in schools*. National Fire Protection Association. Massachusetts, USA.
- [2] Swedish Civil Contingencies Agency (MSB) (2010) National strategy to enhance fire safety. MSB. Karlstad, Sweden.
- [3] Uhnöo, S. Persson, S. Ekbrand, H. Lindgen, SA . (2014) Juvenile school firesetting in Sweden: cause and countermeasures. *Journal of Scandinavian Studies in Criminology and Crime Prevention*, vol. 16, br. 1, str. 25-40.
- [4] Uredba o razvrstavanju objekata, delatnosti i zemljišta u kategorije ugroženosti od požara („Službeni glasnik RS“, br. 76/2010)

Kratka biografija:



Jana Opačić rođena je u Novom Sadu 1999. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Upravljanje rizikom od katastrofalnih događaja i požara odbranila je 2024.god. kontakt: jana.opacic99@gmail.com



Mirjana Laban rođena je u Rumi, 1965. god. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka 2012. god., a od 2023. je u zvanju redovni profesor. Oblasti interesovanja su bezbednost od požara, održiva gradnja i smanjenje rizika od katastrofa.

KONCEPT OPTIMIZACIJE PRIBAVLJANJA I PRIKAZIVANJA VELIKE KOLIČINE PODATAKA U VEB APLIKACIJAMA**OPTIMIZATION CONCEPT OF RETRIEVING AND DISPLAYING LARGE AMOUNTS OF DATA IN WEB APPLICATIONS**

Milica Karetić *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INŽENJERSTVO INFORMACIONIH SISTEMA

Kratak sadržaj – U savremenim informacionim sistemima, upravljanje i prikazivanje velike količine podataka predstavlja značajan izazov. Ovaj rad istražuje optimizaciju prikaza podataka unutar softvera PICO Portal, platforme za pristup naučnim radovima. Fokus je na identifikaciji izazova i efikasnim rešenjima za optimizaciju procesa. Analiziraju se problemi originalnog koda, efikasni pristupi bazi podataka, te tehnike kao što su server-side paginacija, indeksiranje i keširanje. Rezultati pružaju korisne uvide i preporuke za inženjere informacionih sistema suočene sa sličnim izazovima.

Ključne reči: Optimizacija podataka, Server-side pagination, Indeksiranje podataka, Velike količine podataka

Abstract – In contemporary information systems, managing and displaying large volumes of data presents a significant challenge. This paper explores optimizing data display within the PICO Portal software, a platform for accessing scientific papers. The focus is on identifying challenges and presenting effective solutions. It analyzes issues in the original code, efficient database management approaches, and techniques such as server-side pagination, indexing, and caching. The results provide valuable insights and recommendations for information systems engineers facing similar challenges.

Keywords: Data Optimization, Server-side Pagination, Data Indexing, Large Data Sets

1. UVOD

U svetu savremenih informacionih sistema, upravljanje i prikazivanje velike količine podataka postaje sve značajniji izazov. Sa rastom količine podataka kojima raspolažu organizacije, potreba za efikasnim pristupom i vizualizacijom tih informacija postala je kritična za donošenje odluka i održavanje konkurentne prednosti [1], [2].

Ovaj rad istražuje postupak optimizacije prikaza velike količine podataka u softveru PICO Portal. Rad je fokusiran na identifikaciju izazova koji se javljaju u rukovanju velikim količinama podataka i predstavlja pristupe i rešenja u cilju optimizacije ovog procesa.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada, čiji mentor je bio dr Darko Stefanović, red. prof.

Optimizacija prikaza velike količine podataka postala je nužna zbog zahteva korisnika za brzim i efikasnim pristupom informacijama. Softver PICO Portal, kao platforma koja pruža pristup naučnim radovima, istraživanjima i informacijama, često se suočava sa potrebom za istovremenim prikazivanjem velikog broja dokumenata. Kako bi se osiguralo da korisnici imaju što bolje iskustvo i brz pristup relevantnim informacijama, neophodno je primeniti efikasne tehnike za rukovanje i prikazivanje ovih podataka. Kroz analizu originalnog koda, detaljno su analizirani problemi koji su identifikovani kao i načini na koje su prevaziđeni. Pored ovog, analiziran je i efikasan pristup bazi podataka sa motivom dodatnog unapređenja performansi softvera.

Rad je organizovan na sledeći način: pregled stanja u oblasti opisan u sekciji 2, u sekciji 3 dat je koncept softvera PICO Portal. U podoblastima sekcije 3 opisani su algoritmi i tehnike za optimizaciju, njihova implementacija kao i primeri upotrebe. Sekcija 4 zaključuje rad i daje korisne uvide i preporuke.

2. PREGLED STANJA U OBLASTI

U ovom delu rada, dat je prikaz istraženog trenutnog stanja u oblasti optimizacije prikaza velike količine podataka, sa fokusom na relevantne primere drugih kompanija i istraživačkih radova koji su se bavili sličnim izazovima.

Rad [1] istražuje optimizaciju paginacije masivnih podataka korišćenjem AJAX (engl. *Asynchronous JavaScript and XML*) tehnologije. Tradicionalne metode paginacije često pate od niske efikasnosti i visokih troškova održavanja u radu sa velikim količinama podataka. Eksperimentalni rezultati ukazuju na to da optimizacioni algoritam paginacije zasnovan na *stored* procedurama u kombinaciji sa AJAX tehnologijom može poboljšati efikasnost upita i omogućiti asinhroni prenos podataka između klijenta i servera. Ova metoda značajno smanjuje zagušenje mreže, vreme čekanja korisnika i opterećenje mreže.

U radu [3] fokus je na optimizaciji performansi baza podataka kroz efikasnije pisanje SQL (engl. *Structured query language*) upita. Autorka naglašava važnost korišćenja indeksa, kompresije podataka, particionisanja i *bind* varijabli za smanjenje troškova izvršavanja upita. Rezultati pokazuju da primena ovih tehnika smanjuje opterećenje diska, memorije i procesora, čime se povećava efikasnost rada sistema.

Esteves i Fernandes u svom radu [4] istražuju načine za optimizaciju kašnjenja prilikom učitavanja u veb aplikacijama razvijenih u Pythonu, koristeći Django framework kao studiju slučaja. Tehnike koje su

primenjene obuhvataju HTTP (engl. *Hypertext Transfer Protocol*) keširanje, kompresiju podataka, minimizaciju i korišćenje mreža za dostavu sadržaja *CDN* (engl. *Content delivery network*) za statički sadržaj. Na *front-end* strani, primenjene su tehnike asinhronog procesiranja i parcijalnog ažuriranja stranica. Rezultati pokazuju da su sve ove tehnike doprinele značajnom smanjenju kašnjenja, čime je poboljšano korisničko iskustvo i ukupne performanse aplikacije.

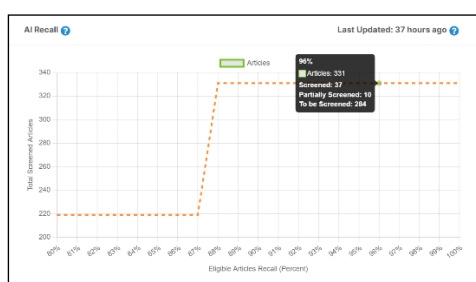
Sličan pristup može se videti i u istraživanju koje je sproveo Panwar 2024. godine [5], gde autor istražuje kako napredna upotreba *stored* procedura može optimizovati obradu velike količine podataka u *SQL* Server okruženju. Rezultati pokazuju da napredne tehnike kao što su parametarska upotreba upita, implementacija odgovarajućih indeksa, napredna optimizacija upita i paralelna obrada značajno poboljšavaju performanse i skalabilnost sistema.

Ovi radovi zajedno pružaju pregled trenutnog stanja u oblasti, naglašavajući različite pristupe i tehnike koje se koriste za poboljšanje performansi informacionih sistema. Kombinovanjem ovih strategija i rešenja, može se postići značajno unapređenje efikasnosti i korisničkog iskustva u aplikacijama.

3. PICO PORTAL: RAZVOJ I IMPLEMENTACIJA

PICO Portal je napredna platforma za automatizaciju sistematskih pregleda literature. Njegova ključna funkcionalnost je integracija sa *OpenAI GPT-4* modelom, što omogućava automatsko generisanje sažetaka istraživačkih radova i poboljšanje procesa selekcije studija prema PRISMA 2020 dijagramu. Ova integracija značajno ubrzava i pojednostavljuje proces sistematskog pregleda literature. Razvoj *PICO Portal*-a je rezultat kombinacije naprednih algoritama mašinskog učenja i veštačke inteligencije. Glavni cilj ovog projekta bio je razvoj alata koji može automatski analizirati obimne količine podataka iz različitih izvora, organizovati ih u logičke strukture i prezentovati istraživačima na jednostavan i pregledan način.

Prilikom prikupljanja podataka unutar *PICO Portal*-a, ključno je osigurati visoke performanse u prepoznavanju relevantnih instanci. U tom kontekstu, metrike poput preciznosti i odziva (engl. *precision and recall*) igraju ključnu ulogu. Preciznost predstavlja udeo relevantnih instanci među prikupljenim instancama, dok odziv meri udeo stvarno relevantnih instanci koje su identifikovane u odnosu na ukupan broj relevantnih instanci u skupu podataka. Ove metrike omogućavaju detaljnu analizu kvaliteta prikupljenih podataka i njihovu upotrebu u daljim analizama i istraživanjima. *AI Recall* grafikon je prikazan na slici 1



Slika 1. Prikaz *AI Recall* grafikona

3.1. Algoritmi i tehnike optimizacije

U nastavku ove sekcije biće detaljno opisani algoritmi optimizacije kao i načini kako su oni implementirani u *PICO Portal*-u.

• Algoritmi optimizacije

Server-side pagination je tehnika optimizacije koja omogućava efikasno rukovanje i prikaz velike količine podataka u veb aplikacijama. Umesto da se svi podaci učitavaju odjednom, što može dovesti do velikog opterećenja servera i dugog vremena učitavanja, podaci se učitavaju u manjim delovima, ili "stranicama". Klijent (veb aplikacija) šalje zahtev serveru za određenu stranicu podataka. Ovaj zahtev obično sadrži broj stranice i broj stavki po stranici. Server prima zahtev i proverava da li su parametri validni brojevi (pozitivni celi brojevi) i da li su u dozvoljenom opsegu. Na osnovu broja stranice i broja stavki po stranici, server računa *offset* (početnu tačku) i limit (broj stavki koje treba pribaviti). Server koristi *offset* i limit da formira upit ka bazi podataka koja vraća ograničen skup rezultata baziran na ovim parametrima. Pored podataka za određenu stranicu, server često vraća i ukupan broj stavki u tabeli što omogućava klijentu da zna koliko ukupno stranica postoji. Server formira *JSON* (engl. *JavaScript Object Notation*) odgovor koji sadrži dobijene podatke, ukupan broj stavki, trenutnu stranicu, broj stavki po stranici i eventualno dodatne informacije kao što su linkovi ka sledećoj i prethodnoj stranici i šalje taj formirani odgovor klijentu. Klijent prima podatke i prikazuje ih korisniku na odgovarajući način. Takođe, klijent može koristiti informacije o ukupnom broju stavki i trenutnoj stranici za prikazivanje navigacije.

Pored *server-side pagination* tehnike korišćene su i tehnike indeksiranja i keširanja. U kombinaciji sa drugim tehnikama, indeksiranje i keširanje mogu značajno poboljšati performanse. Server koristi indekse za brže pretrage, a rezultati se keširaju kako bi se smanjilo opterećenje baze podataka.

Indeksiranje se odnosi na proces kreiranja indeksa nad određenim kolonama tabele u bazi podataka. Prednosti indeksiranja jesu brza pretraga, bolje performanse tj. smanjenje opterećenja baze podataka i servera kao i povećanje efikasnosti u smislu da se indeksiranje koristi za česte upite. Nedostaci jesu povećanje prostora na disku ali i usporavanje operacija dodavanja i ažuriranja jer svaki put kada se podaci dodaju, brišu ili ažuriraju, ažuriraju se i kreirani indeksi.

Keširanje se odnosi na privremeno skladištenje podataka u memoriji, kako bi se ubrzao pristup podacima koji se često koriste. U .NET veb aplikacijama, keširanje može biti implementirano na nekoliko nivoa:

→ Keširanje na nivou aplikacije (engl. *Application-level caching*) – Podaci se keširaju na nivou cele aplikacije i dostupni su svim korisnicima. Primeri upotrebe uključuju keširanje konfiguracija, statičkih podataka ili rezultata često korišćenih upita.

→ Keširanje na nivou sesije (engl. *Session-level caching*) – Podaci se keširaju samo za trenutnu sesiju korisnika. Koristi se za skladištenje privremenih podataka specifičnih za svakog korisnika tokom sesije.

→ Keširanje na nivou baze podataka (engl. *Database-level caching*) – Baze podataka mogu imati svoje mehanizme keširanja kako bi ubrzale česte upite.

Primeri uključuju keširanje rezultata upita ili keširanje izračunatih vrednosti.

→ **Keširanje na nivou HTTP** (engl. *HTTP caching*) – HTTP keširanje omogućava keširanje HTTP odgovora kako bi se smanjio broj zahteva ka serveru. Kontrolise se putem HTTP zaglavlja (engl. *header*) kao što su *Cache-Control*, *Expires*, *ETag*, itd.

- **Implementacija i testiranje algoritama**

PICO Portal pored navedenih nivoa keširanja koristi i keširanje podataka pomoću *localStorage*-a u *JavaScript*-u što omogućava veb aplikacijama da privremeno skladište podatke na strani klijenta. Ova tehnika je korisna za čuvanje podataka koji se često koriste ili koji su potrebni za kasnije sesije korisnika, čime se smanjuje potreba za ponovnim slanjem podataka serveru ili ponovnim dobavljanjem podataka sa servera. *LocalStorage* je prostor za skladištenje podataka dostupan na klijentskoj strani u veb pregledačima. Podaci smešteni u *localStorage*-u ostaju sačuvani i nakon zatvaranja i ponovnog otvaranja pregledača, osim ako se eksplicitno ne obrišu ili ne isteknu. Podaci se smeštaju u *localStorage* pomoću ključ-vrednost para (engl. *key-value*). Podaci se dobavljaju iz *localStorage*-a pomoću ključa koji se koristio za čuvanje podataka. Podaci se brišu iz *localStorage*-a pomoću metode *removeItem()* ili se mogu obrisati svi podaci pozivom *clear()* metode.

- **Ilustracije i primeri upotrebe**

Server-side paginacija tehnika je korišćena za optimizaciju *Rapid Upload* PDF stranice kako bi se smanjilo vreme potrebno da učitavanje i prikaz velikog broja članaka na jedan klik. Prvobitna implementacija podrazumevala je pribavljanje svih članaka i zahteva odjednom prilikom učitavanja izveštaja. Takav pristup postao je neodrživ kako su projekti rasli i povećavao se broj članaka po projektima jer se očekivalo od korisnika da čeka i do 2 minuta za prikaz izveštaja. Takođe neretko se dešavalo da sistem nije u stanju da odgovori na zahtev korisnika usled prevelikog broja članaka koje je trebalo prikazati u jednom trenutku što je vodilo do velikog nezadovoljstva krajnjih korisnika. Zbog toga je odlučeno da se uradi potpuni redizajn stranice i implementira *server-side* paginacija. Na slici 2 dat je prikaz potrebnog vremena za učitavanje izveštaja pre optimizacije.

Id	Ime	Tip	Projekt	Dat	Vrem	Rezultat
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...	...
21	...	...	...	...	...	...
22	...	...	...	...	...	...
23	...	...	...	...	...	...
24	...	...	...	...	...	...
25	...	...	...	...	...	...
26	...	...	...	...	...	...
27	...	...	...	...	...	...
28	...	...	...	...	...	...
29	...	...	...	...	...	...
30	...	...	...	...	...	...
31	...	...	...	...	...	...
32	...	...	...	...	...	...
33	...	...	...	...	...	...
34	...	...	...	...	...	...
35	...	...	...	...	...	...
36	...	...	...	...	...	...
37	...	...	...	...	...	...
38	...	...	...	...	...	...
39	...	...	...	...	...	...
40	...	...	...	...	...	...
41	...	...	...	...	...	...
42	...	...	...	...	...	...
43	...	...	...	...	...	...
44	...	...	...	...	...	...
45	...	...	...	...	...	...
46	...	...	...	...	...	...
47	...	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...	...
49	...	...	...	...	...	...
50	...	...	...	...	...	...
51	...	...	...	...	...	...
52	...	...	...	...	...	...
53	...	...	...	...	...	...
54	...	...	...	...	...	...
55	...	...	...	...	...	...
56	...	...	...	...	...	...
57	...	...	...	...	...	...
58	...	...	...	...	...	...
59	...	...	...	...	...	...
60	...	...	...	...	...	...
61	...	...	...	...	...	...
62	...	...	...	...	...	...
63	...	...	...	...	...	...
64	...	...	...	...	...	...
65	...	...	...	...	...	...
66	...	...	...	...	...	...
67	...	...	...	...	...	...
68	...	...	...	...	...	...
69	...	...	...	...	...	...
70	...	...	...	...	...	...
71	...	...	...	...	...	...
72	...	...	...	...	...	...
73	...	...	...	...	...	...
74	...	...	...	...	...	...
75	...	...	...	...	...	...
76	...	...	...	...	...	...
77	...	...	...	...	...	...
78	...	...	...	...	...	...
79	...	...	...	...	...	...
80	...	...	...	...	...	...
81	...	...	...	...	...	...
82	...	...	...	...	...	...
83	...	...	...	...	...	...
84	...	...	...	...	...	...
85	...	...	...	...	...	...
86	...	...	...	...	...	...
87	...	...	...	...	...	...
88	...	...	...	...	...	...
89	...	...	...	...	...	...
90	...	...	...	...	...	...
91	...	...	...	...	...	...
92	...	...	...	...	...	...
93	...	...	...	...	...	...
94	...	...	...	...	...	...
95	...	...	...	...	...	...
96	...	...	...	...	...	...
97	...	...	...	...	...	...
98	...	...	...	...	...	...
99	...	...	...	...	...	...
100	...	...	...	...	...	...

Slika 2. Potrebno vreme za prikaz podataka pre optimizacije stranice

Postupak redizajna sastojao se iz više faza. Prva faza bila je podela stranice na kartice kako bi se obezbedilo grupisanje podataka i pregledniji prikaz istih. Kreirano je šest kartica:

1. *Dashboard* – prva kartica koja se otvara prilikom prikaza izveštaja i koja sadrži sumirane i vizuelno prikazane sve podatke u vidu grafikona i brojeva.
2. *Smart Upload* – kartica koja omogućava *bulk upload* PDF fajlova i automatsko mapiranje tih PDF fajlova sa člancima ukoliko postoji poklapanje.

3. *Pending Retrieval* – kartica koja prikazuje članke za koje je potrebno pronaći *full-text*.

4. *Pending Requests* – kartica koja prikazuje zahteve na čekanju.

5. *Retrieved Reports* – kartica koja prikazuje članke za koje postoji *full-text* ili je apstrakt dovoljan za dalji pregled.

6. *Reports Not Retrieved* – kartica koja prikazuje članke koji su isključeni iz dalje analize.

Podelom stranice na više kartica postiglo se veliko unapređenje po pitanju korisničkog iskustva jer na prvi klik korisnik dobija prikaz *Dashboard* kartice bez ikakvog čekanja. Nakon toga ima opciju da izabere prikaz jednog od četiri izveštaja u zavisnosti od potrebe.

Nakon ove prve faze usledila je optimizacija prikupljanja podataka, koja je implementirana kombinacijom *AJAX* poziva, *DataTables JavaScript* biblioteke i *server-side* paginacije. Definisana je *JQuery* funkcija koja se aktivira kada korisnik klikne na element sa odgovarajućim ID-em kartice, zatim se koristi *JQuery DataTables* plugin za inicijalizaciju tabela. Definisana su sledeća podešavanja za *DataTables*:

→ *ServerSide*: *true* omogućava *server-side* obradu podataka.

→ *Paging*: *true* omogućava paginaciju tabele.

→ *Ordering*: *true* omogućava sortiranje po kolonama.

→ *AJAX* zahtev: *ajax* opcija definiše URL, tip i format podataka koji se dobavljaju sa servera.

→ *ColumnDefs*: Definiše posebne postavke za pojedinačne kolone, kao što su render funkcije za prilagođeni prikaz podataka i dodatne opcije kao što su vidljivost i sortiranje.

→ *initComplete*: Funkcija koja se poziva nakon potpunog inicijalizovanja *DataTables*-a, koristi se za podešavanje dodatnih opcija i interakcija.

→ *drawCallback*: Funkcija koja se poziva nakon svakog crtanja tabele, koristi se za ažuriranje ili dodatne operacije nakon promene podataka.

→ *oLanguage*: Definiše lokalizovane tekstualne poruke i opcije za *DataTables*.

→ *rowCallback*: Funkcija koja se poziva za svaki red u tabeli nakon što je dodat, koristi se za dodavanje klasa ili interaktivnosti redovima.

Putem *AJAX* poziva serveru se prosleđuju parametri kao što su broj stranice, veličina stranice koja predstavlja broj članaka po stranici, redoleđ sortiranja članaka kao i tekst za pretragu ukoliko postoji. Svi ti parametri prosleđuju se *SQL stored proceduri* na osnovu kojih se kreira upit za dobijanje skupa rezultata baziranih na ovim parametrima. Nakon što dobije odgovor od servera klijent prikazuje te rezultate korisniku. Na slici 3 dat je prikaz potrebnog vremena za učitavanje podataka nakon optimizacije.

Id	Ime	Tip	Projekt	Dat	Vrem	Rezultat
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...	...
21	...	...	...	...	...	...
22	...	...	...	...	...	...
23	...	...	...	...	...	...
24	...	...	...	...	...	...
25	...	...	...	...	...	...
26	...	...	...	...	...	...
27	...	...	...	...	...	...
28	...	...	...	...	...	...
29	...	...	...	...	...	...
30	...	...	...	...	...	...
31	...	...	...	...	...	...
32	...	...	...	...	...	...
33	...	...	...	...	...	...
34	...	...	...	...	...	...
35	...	...	...	...	...	...
36	...	...	...	...	...	...
37	...	...	...	...	...	...
38	...	...	...	...	...	...
39	...	...	...	...	...	...
40	...	...	...	...	...	...
41	...	...	...	...	...	...
42	...	...	...	...	...	...
43	...	...	...	...	...	...
44	...	...	...	...	...	...
45	...	...	...	...	...	...
46	...	...	...	...	...	...
47	...	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...	...
49	...	...	...	...	...	...
50	...	...	...	...	...	...
51	...	...	...	...	...	...
52	...	...	...	...	...	...
53	...	...	...	...	...	...
54	...	...	...	...	...	...
55	...	...	...	...	...	...
56	...	...	...	...	...	...
57	...	...	...	...	...	...
58	...	...	...	...	...	...
59	...	...	...	...	...	...
60	...	...	...	...	...	...
61	...	...	...	...	...	...
62	...	...	...	...	...	...
63	...	...	...	...	...	...
64	...	...	...	...	...	...
65	...	...	...	...	...	...
66	...	...	...	...	...	...
67	...	...	...	...	...	...
68	...	...	...	...	...	...
69	...	...	...	...	...	...
70	...	...	...	...	...	...
71	...	...	...	...	...	...
72	...	...	...	...	...	...
73	...	...	...	...	...	...
74	...	...	...	...	...	...
75	...	...	...	...	...	...
76	...	...	...	...	...	...
77	...	...	...	...	...	...
78	...	...	...	...	...	...
79	...	...	...	...	...	...
80	...	...	...	...	...	...
81	...	...	...	...	...	...
82	...	...	...	...	...	...
83	...	...	...	...	...	...
84	...	...	...	...	...	...
85	...	...	...	...	...	...
86	...	...	...	...	...	...
87	...	...	...	...	...	...
88	...	...	...	...	...	...
89	...	...	...	...	...	...
90	...	...	...	...	...	...
91	...	...	...	...	...	...
92	...	...	...	...	...	...
93	...	...	...	...	...	...
94	...	...	...	...	...	...
95	...	...	...	...	...	...
96	...	...	...	...	...	...
97	...	...	...	...	...	...
98	...	...	...	...	...	...
99	...	...	...	...	...	...
100	...	...	...	...	...	...

Slika 3. Potrebno vreme za prikaz podataka nakon implementacije *Server-side* paginacije

**STRATEGIJE I PRIMJENA CLOUD COMPUTING-A U MODERNIZACIJI I
EFIKASNOSTI INFRASTRUKTURA RAZLIČITIH INDUSTRIJA****STRATEGIES AND APPLICATION OF CLOUD COMPUTING IN THE MODERNIZATION AND
EFFICIENCY OF INFRASTRUCTURES OF VARIOUS INDUSTRIES**

Ognjen Dupljanin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO INFORMACIONIH
SISTEMA**

Sažetak — Cloud computing je ključna tehnologija za modernizaciju i unapređenje infrastrukture u različitim industrijama, pružajući brojne koristi i rješavajući raznovrsne izazove. Ovaj pregled literature objedinjuje nalaze iz studija o implementaciji cloud computing-a u poljoprivredi, logistici, proizvodnji, zdravstvu i samoj migraciji aplikacija. U poljoprivredi, cloud computing centralizuje ključne podatke, omogućavajući bolje donošenje odluka i upravljanje resursima. Logistika koristi cloud za poboljšanje saradnje u lancu snabdevanja i reorganizaciju tradicionalnih procesa. U proizvodnji, integracija dobavljača putem clouda poboljšava održivost i konkurentnu prednost. U zdravstvu, cloud computing poboljšava skalabilnost, fleksibilnost i interoperabilnost sistema, omogućavajući bolju saradnju među pružaocima usluga i sigurnost podataka o pacijentima. Ovaj pregled ističe snažan uticaj cloud computinga na različite industrije i važnost pažljive primjene kako bi se iskoristile sve njegove prednosti.

Ključne reči – Cloud Computing, Poljoprivreda, Logistika, Proizvodnja, Migracija Aplikacija, Zdravstvo, Modernizacija Infrastrukture, Efikasnost, Skalabilnost, Interoperabilnost.

Abstract — Cloud computing is a key technology for modernizing and improving infrastructure in various industries, providing numerous benefits and solving diverse challenges. This literature review brings together findings from studies on the implementation of cloud computing in agriculture, logistics, manufacturing, healthcare and application migration itself. In agriculture, cloud computing centralizes key data, enabling better decision-making and resource management. Logistics uses the cloud to improve supply chain collaboration and reorganize traditional processes. In manufacturing, supplier integration through the cloud improves sustainability and competitive advantage. In healthcare, cloud computing improves scalability, flexibility and interoperability of systems, enabling better collaboration among providers and security of patient data.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Darko Stefanović, red. prof

This overview highlights the powerful impact of cloud computing on various industries and the importance of careful implementation to take full advantage of it.

Keywords - Cloud Computing, Agriculture, Logistics, Production, Application Migration, Healthcare, Infrastructure Modernization, Efficiency, Scalability, Interoperability.

1. UVOD

Cloud computing predstavlja obezbjeđivanje računarske ili IT infrastrukture putem interneta, omogućavajući djeljenje resursa, softvera, aplikacija i usluga prema potrebi korisnika uz minimalan napor ili interakciju sa pružaocem usluga.

Motivacija za nastanak ovog rada je nastala iz potrebe da se istraže potencijali cloud computing tehnologije u različitim industrijskim sektorima, sa ciljem poboljšanja poslovnih procesa, efikasnosti i smanjenja troškova. Fokus je na analiziranju prednosti koje cloud computing donosi sektorima poput poljoprivrede, logistike, proizvodnje, migracije aplikacija i zdravstva.

U poljoprivredi, cloud computing može centralizovati ključne podatke vezane za tlo, vremenske uslove, istraživanja, usjeve i informacije o farmerima, čime se omogućava efikasnije donošenje odluka i upravljanje resursima. U sektoru logistike, informacioni i komunikacioni sistemi su od suštinskog značaja za organizacione procese i upravljanje lancem snabdevanja. Cloud computing omogućava transparentnost i kontrolu nad podacima kroz čitav lanac snabdevanja, poboljšavajući koordinaciju među različitim učesnicima, od dobavljača do krajnjih kupaca. Cloud computing omogućava firmama da poboljšaju integraciju sa dobavljačima i kupcima, povećavajući tako svoju održivost i konkurentsku prednost. Inovacije u lancu snabdevanja postaju neophodne za uspješno prilagođavanje promjenama u spoljašnjem okruženju i održavanje tržišne pozicije. Migracija aplikacija u cloud omogućava preduzećima da iskoriste skalabilnost, fleksibilnost i uštede koje cloud computing nudi. Ova migracija podržava digitalnu transformaciju, omogućavajući preduzećima da unaprijede svoje poslovne procese, kulturu i korisničke iskustva. Cloud takođe omogućava pristup naprednim tehnologijama kao što su vještačka inteligencija, mašinsko učenje i analitika velikih podataka, poboljšavajući operativnu efikasnost. U

zdravstvu, *cloud computing* revolucionira način upravljanja podacima, procesuiranja i pristupa medicinskim informacijama. Poboljšana skalabilnost i fleksibilnost omogućavaju efikasno upravljanje podacima o pacijentima, dok interoperabilnost zdravstvenih sistema olakšava razmjenu informacija. Sigurnosni protokoli osiguravaju bezbjedan prenos i skladištenje podataka, pomažući organizacijama da se prilagode regulatornim promjenama.

Rad je organizovan u nekoliko poglavlja. Uvodno poglavlje pruža osnovne informacije o *cloud computing*-u i njegovom značaju za različite sektore. Nakon toga, naredno poglavlje pokriva istraživačku metodologiju, uključujući analizu literature, studije slučaja, s opisom kriterijuma za odabir studija i istraživačkih pitanja. Treće poglavlje analizira rezultate istraživanja u odnosu na uticaj *cloud computing*-a na IT infrastrukturu, izazove i prednosti prelaska na cloud, te poboljšanje konkurentske prednosti. Posljednje poglavlje donosi zaključke o značaju *cloud computing*-a za modernizaciju i efikasnost organizacija, uz naglašavanje izazova i preporuka. Literatura se nalazi na kraju rada

2. ISTRAŽIVAČKA METODOLOGIJA I SPROVOĐENJE ISTRAŽIVANJA

Metodologija istraživanja obuhvatila je sveobuhvatnu analizu literature, studija slučaja i komparativnu analizu, kako bi se istražile prednosti, izazovi i uticaji *cloud computing*-a u različitim industrijama. Istraženi su ključni trendovi i strategije implementacije kroz detaljnu analizu studija slučaja, dok je komparativna analiza omogućila poređenje tradicionalnih IT rješenja sa *cloud* tehnologijama.

A. Indeksne baze

Za potrebe istraživanja korišćene su indeksne baze *ResearchGate* i *Google Scholar* kao primarni izvori za pronalaženje relevantne literature. Pretraga je vršena upotrebom ključnih pojmova poput "*cloud computing*" u kombinaciji sa izrazima kao što su "*modernization*" i "*industry*" kako bi se identifikovali relevantni radovi koji istražuju primjenu i uticaj *cloud* tehnologija na modernizaciju infrastrukture u različitim industrijama.

B. Kriterijumi inkluzije i ekskluzije

Prilikom selekcije radova za istraživanje, primenjeni su specifični kriterijumi inkluzije i ekskluzije kako bi se osigurala relevantnost i kvalitet izabranih studija. Ovo je omogućilo fokusiranje na radove koji pružaju značajan uvid u primjenu *cloud computing*-a u industrijskim sektorima, dok su irelevantni ili zastarjeli izvori isključeni.

Kriterijumi inkluzije:

1. Radovi objavljeni u posljednjih pet godina (2019 – 2024), kako bi se obuhvatile aktuelne primjene i tehnologije.
2. Studije koje se bave primjenom *cloud computing*-a u različitim industrijskim sektorima.
3. Radovi koji pružaju kvantitativne ili kvalitativne podatke o uticaju *cloud*

tehnologija na efikasnost i modernizaciju infrastruktura.

4. Istraživanja objavljena u recenziranim časopisima ili relevantnim konferencijskim izvorima.
5. Radovi koji su dostupni na engleskom jeziku, kako bi se osigurala šira dostupnost i razumjevanje rezultata.

Kriterijumi ekskluzije:

1. Radovi stariji od pet godina, osim ako ne pružaju osnovne informacije o tehnologiji.
2. Studije koje se ne fokusiraju direktno na primjenu *cloud computing*-a u industrijskim kontekstima.
3. Istraživanja koja se bave isključivo tehničkim aspektima *cloud* tehnologije bez razmatranja njenog uticaja na industrijske procese.
4. Radovi koji su objavljeni na jezicima osim engleskog, zbog jezičkih barijera i ograničenog pristupa.
5. Studije koje nisu prošle proces recenzije ili su objavljene u nerecenziranim izvorima.

C. Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja je da se ispita uloga i primjena *cloud computing* tehnologija u modernizaciji i unapređenju efikasnosti infrastrukturnih sistema različitih industrija. Istraživanje teži da identifikuje ključne strategije i izazove povezane sa migracijom na *cloud* platforme, kao i da procjeni kako ove tehnologije doprinose postizanju konkurentske prednosti i održivosti u različitim sektorima. Na kraju, cilj je da se pruži sveobuhvatan pregled potencijala *cloud computing*-a u transformaciji tradicionalnih industrijskih procesa.

D. Istraživačka pitanja

U skladu s ciljem istraživanja postavljaju se sledeća istraživačka pitanja:

IP1: Kako primjena *cloud computing*-a utiče na modernizaciju i efikasnost IT infrastrukture u različitim industrijskim sektorima?

IP2: Koji su ključni izazovi i prednosti sa kojima se industrije suočavaju tokom prelaska na *cloud computing*?

IP3: Na koji način *cloud computing* može poboljšati konkurentsku prednost i održivost organizacija u dinamičnim tržišnim uslovima?

E. Protokol

Na osnovu pretrage relevantnih baza podataka, identifikovano je ukupno 72 studije. Nakon što su isključene studije na drugim jezicima, osim engleskog, preostalo je 64 rada. U daljoj fazi, pregledani su naslovi i sažeci radova, što je dovelo do eliminacije 49 nerelevantnih studija. Preostale studije su detaljno analizirane čitanjem punih tekstova kako bi se utvrdila njihova relevantnost za pregled. Primjenom specifičnih kriterijuma odabira, isključeno je još 15 radova. Na kraju, zbog tehničkih problema i nemogućnosti pristupa

određenim radovima, iz pregleda je izostavljeno dodatnih 6 studija. U konačnom pregledu korišćeno je 5 ključnih radova koji su u velikoj mjeri doprinjeli analizi i zaključcima ovog istraživanja.

3. TUMAČENJE REZULTATA

U ovom poglavlju će se analizirati rezultati istraživanja u odnosu na postavljena istraživačka pitanja, sa fokusom na uticaj *cloud computing*-a na efikasnost IT infrastrukture i izazove koji prate njihovo uvođenje.

IP1: Kako primjena *cloud computing*-a utiče na modernizaciju i efikasnost IT infrastrukture u različitim industrijskim sektorima?

Cloud computing značajno doprinosi modernizaciji i efikasnosti IT infrastrukture tako što omogućava skalabilnost i fleksibilnost koja je teško dostupna tradicionalnim sistemima. Implementacijom *cloud* rešenja, organizacije mogu lako proširivati ili smanjivati svoje resurse prema potrebama, čime se optimizuje upotreba resursa i smanjuju troškovi. Takođe, *cloud computing* omogućava centralizovano upravljanje podacima, što poboljšava pristup i dijeljenje informacija među različitim sektorima i timovima, rezultirajući bržim donošenjem odluka i unapređenjem ukupne operativne efikasnosti [1]. Korišćenjem *IaaS (Infrastructure as a Service)*, organizacije mogu pristupiti potrebnim resursima poput servera i skladišta na osnovu plaćanja po korišćenju, bez potrebe za nabavkom i upravljanjem fizičkom opremom [2]. *PaaS (Platform as a Service)* omogućava razvoj i implementaciju aplikacija bez brige o upravljanju hardverom i softverom, dok *SaaS (Software as a Service)* omogućava pristup aplikacijama putem klijenata bez potrebe za upravljanjem infrastrukturom [2]. Konkretno, u sektoru elektronike i tekstila u Tajlandu [3], kao što je istraživanje pokazalo, *cloud computing* pomaže u optimizaciji lanaca snabdevanja i omogućava lakšu integraciju sa dobavljačima i kupcima. Ovo omogućava bržu adaptaciju na promjene u potražnji i poboljšava ukupnu operativnu efikasnost. Na primjer, u automobilske industriji, *cloud* može unaprijediti integraciju različitih sistema za upravljanje proizvodnjom, čime se povećava brzina i tačnost isporuka. Na primjer, organizacije mogu lako proširiti kapacitete u toku sezonskih vrhunaca ili smanjiti resurse u periodima niske potražnje [4]. Ovo omogućava organizacijama da preusmjere sredstva na inovacije i druge ključne oblasti poslovanja. Na primjer, alati za automatsko skaliranje i balansiranje opterećenja mogu pomoći u održavanju optimalnih performansi aplikacija i usluga. U sektoru zdravstva, omogućava lako dijeljenje podataka među zdravstvenim radnicima, što poboljšava donošenje odluka i pružanje sveobuhvatne zdravstvene zaštite [5]. Moderni *cloud* servisi nude robustne bezbednosne protokole i mere usaglašenosti, što pomaže u zaštiti osjetljivih podataka i usklađivanju sa zakonima kao što je *HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act)* u zdravstvu. [5] Model plaćanja po korišćenju u *cloud computing*-u pomaže u optimizaciji troškova tako što se resursi dodjeljuju prema stvarnim potrebama, što sprečava nepotrebno trošenje i prekomjernu ili nedovoljnu alokaciju resursa.

IP2: Koji su ključni izazovi i prednosti sa kojima se industrije suočavaju tokom prelaska na *cloud computing*?

Ključni izazovi tokom prelaska na *cloud computing* uključuju sigurnost podataka, regulativne uslove, i potrebu za stalnim internet povezivanjem. Podaci o vremenskim uslovima, zemljištu, i progresu rasta postaju dostupni u svakom trenutku i sa bilo koje lokacije [1]. Organizacije često brinu o mogućim prijetnjama kao što su hakerski napadi i neovlašćeni pristup podacima. S druge strane, prednosti uključuju smanjenje troškova za IT infrastrukturu, povećanu fleksibilnost i skalabilnost, kao i mogućnost pristupa naprednim tehnologijama kao što su vještačka inteligencija i analitika velikih podataka, što omogućava bolje prilagođavanje tržištu i brže inovacije. Ključni izazovi još uključuju potrebu za pouzdanim internet povezivanjem i upravljanje kvalitetom podataka. Međutim, prednosti su značajne, *cloud computing* omogućava brzu implementaciju i modernizaciju logističkih procesa, poboljšava saradnju između različitih entiteta u logistici putem zajedničke platforme i omogućava brže ostvarivanje koristi kroz smanjene troškove i poboljšanu efikasnost [2]. Takođe, *cloud* omogućava bolju integraciju sa dobavljačima i partnerima, samim tim omogućava brže prilagođavanje IT resursa potrebama poslovanja. Na primjer, u poljoprivredi, ovo može značiti bržu adaptaciju na sezonske promjene u potražnji [3]. Potrebno je implementirati robusne sigurnosne kontrole, kao što su enkripcija i pristupne kontrole, kako bi se zaštitili podaci od neovlašćenog pristupa i napada. Organizacije se suočavaju sa izazovima u vezi sa kompatibilnošću svojih postojećih aplikacija i sistema sa *cloud* okruženjem. Postoji potreba za temeljnom evaluacijom i prilagođavanjem aplikacija kako bi se osigurala njihova funkcionalnost u novom okruženju [4]. Iako *cloud* može smanjiti troškove, neadekvatno praćenje i upravljanje potrošnjom može dovesti do neočekivanih troškova i prekomerne potrošnje resursa. Prelaskom na *cloud* omogućilo bi se efikasno skladištenje, rukovanje i analizu velikih količina zdravstvenih podataka, omogućavajući brže donošenje odluka. *Cloud* infrastruktura omogućava sigurno i skalabilno virtualno konsultovanje i praćenje pacijenata, poboljšavajući pristup i kvalitet zdravstvene zaštite [5].

IP3: Na koji način *cloud computing* može poboljšati konkurentsku prednost i održivost organizacija u dinamičnim tržišnim uslovima?

Cloud computing može poboljšati konkurentsku prednost i održivost organizacija pružajući im mogućnost brze adaptacije na promjene u tržišnim uslovima. Korišćenje resursa po potrebi (*pay-per-use* model) omogućava organizacijama da smanje otpad i optimizuju korišćenje resursa, što doprinosi održivosti i smanjenju negativnog uticaja na životnu sredinu. Ovaj model takođe pomaže u smanjenju troškova i povećanju ekonomskih koristi za organizacije, što je ključno za dugoročni uspjeh u dinamičnim tržišnim uslovima [1]. Kroz poboljšanu saradnju i centralizovane podatke, organizacije mogu brže donositi odluke i optimizovati svoje operacije [2]. *Cloud computing* omogućava bržu realizaciju logističkih usluga

kroz unapređenu saradnju i transparentnost među učesnicima u lancu snabdjevanja [3]. To vodi ka boljoj koordinaciji i smanjenju grešaka u poslovanju, čime se poboljšava korisničko iskustvo i osigurava održivost poslovanja u promjenljivim tržišnim uslovima. U tekstilnoj industriji, *cloud computing* može omogućiti bržu promjenu proizvodnih linija prema najnovijim trendovima [3]. Smanjuje potrebu za fizičkim resursima i energijom, što može dovesti do smanjenja ekološkog otiska organizacije [4]. U poljoprivredi, na primjer, *cloud computing* može omogućiti bolje praćenje i optimizaciju resursa, što doprinosi održivijem poslovanju. *Cloud computing* omogućava organizacijama da brže razvijaju i implementiraju nove proizvode i usluge. Ovo može značiti brži ulazak na tržište i bolje prilagođavanje trenutnim trendovima i potrebama kupaca. *Cloud computing* pruža pristup naprednim analitičkim alatima i velikim količinama podataka, što omogućava bolje donošenje odluka i brže identifikovanje poslovnih prilika i rizika u zdravstvu [5].

U tabeli 1 dat je prikaz odgovora na istraživačka pitanja pomoću analize relevantnih radova.

Tabela 1. Tabelarni prikaz odgovora na istraživačka pitanja

Radovi	IP1	IP2	IP3
Rad 1: [1]	Centralizacija podataka, upravljanje resursima	Zastarjele metode, centralizacija kao prednost	Ekonomija poljoprivrednika, nacionalni dohodak
Rad 2: [2]	Poboljšanje transparentnosti, kontrola nad podacima	Fleksibilnost, skalabilnost, reorganizacij a lanaca snabdjevanja	Efikasna migracija, fleksibilnost usluga
Rad 3: [3]	Integracija dobavljača, optimizacija lanaca snabdjevanja	Promjene u potražnji, brza adaptacija	Održiva konkurentska prednost, inovacije
Rad 4: [4]	Skalabilnost, fleksibilnost, optimizacija troškova	Sigurnost, troškovi migracije	Digitalna transformacija, unapređenje poslovnih procesa
Rad 5: [5]	Upravljanje velikim količinama podataka, interoperabilnost	Sigurnost podataka, usklađenost sa zakonima	Poboljšana saradnja, zaštita osjetljivih informacija

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu analize uticaja *cloud computing*-a na različite sektore, ključnih izazova i prednosti prelaska na ovu tehnologiju, kao i njenog uticaja na konkurentsku prednost i održivost organizacija, može se zaključiti da *cloud computing* predstavlja značajan napredak u modernizaciji i unapređenju efikasnosti IT infrastrukture širom različitih industrijskih sektora. Fleksibilnost, skalabilnost i ekonomični resursi dovode do poboljšanja u brzini pristupa podacima, smanjenju troškova i poboljšanju ukupne operative efikasnosti.

Međutim, prelazak na *cloud computing* dolazi s nizom izazova. Sigurnost podataka i potreba za tehničkom obukom su ključni izazovi koje organizacije moraju

savladati kako bi uspješno implementirale ovu tehnologiju. Oslanjanje na treće strane za upravljanje IT resursima može povećati rizik od bezbjednosnih prijetnji i smanjiti fizičku kontrolu nad podacima, dok nedostatak tehničkog znanja može otežati prilagođavanje novih sistema. S obzirom na dinamične tržišne uslove, *cloud computing* nudi značajnu konkurentsku prednost. Organizacije mogu brže reagovati na promjene u tržištu, efikasnije koristiti resurse i implementirati inovacije, što im omogućava da održe konkurentnost i poboljšaju svoju poziciju na tržištu. Dodatno, ekonomični modeli plaćanja po korišćenju i optimizacija resursa doprinose održivosti organizacija, smanjujući troškove.

U zaključku, *cloud computing* se pokazuje kao ključni faktor u modernizaciji IT infrastrukture, pružajući organizacijama alatke za unapređenje efikasnosti, konkurentske prednosti i održivosti. Dok izazovi postoje, prednosti ove tehnologije prevazilaze prepreke, omogućavajući organizacijama da bolje odgovore na potrebe tržišta i unaprijede svoje operative sposobnosti u sve kompleksnijem poslovnom okruženju.

4. LITERATURA

- [1] Choudhary, S. K., Jadoun, R., & Mandoriya, H. L. (2016). Role of cloud computing technology in agriculture fields. *Computer Engineering and Intelligent Systems*, 7(3), 1–7. <https://iiste.org/Journals/index.php/CEIS/article/view/29194>
- [2] Ilin, N. V., Simic, N. D., Svircevic, N. V., & Saulic, N. N. (2013). Cloud computing applications in global Logistics Information System infrastructure. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 1(12). <https://doi.org/10.17265/2328-2142/2013.12.004>
- [3] Chetthamrongchai, P., & Jermstittiparsert, K. (2019). Modernizing Supply Chain through Cloud Adoption: Role of Cloud Enabled Supplier Integration in Gaining Competitive Advantage and Sustainability. *International Journal of Supply Chain Management*, 8(5), 708–719. <https://ojs.excelingtech.co.uk/index.php/IJSCM/article/download/3667/1958>
- [4] Bandari, V. (2022, November 9). Optimizing IT Modernization through Cloud Migration: Strategies for a Secure, Efficient and Cost-Effective Transition. <https://researchberg.com/index.php/araic/article/view/97>
- [5] Tak, A. (2023). The role of cloud computing in modernizing healthcare IT infrastructure. *Journal of Artificial Intelligence & Cloud Computing*, 1–7. [https://doi.org/10.47363/jaicc/2023\(2\)151](https://doi.org/10.47363/jaicc/2023(2)151)

Biografija:



Ognjen Dupljanin, rođen 30. jula 2000. godine u Sokocu, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina. Opšti smjer gimnazije u školi JUŠC „Vasilije Ostroški“ Sokolac, završio 2019. godine. Iste godine upisuje osnovne akademske studije na studijskom programu Inženjerstvo informacionih sistema na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu. Stiće zvanje diplomiranog inženjera informacionih tehnologija 2023. godine.

**OPTIMIZACIJA INFORMACIONOG SISTEMA ZA PROIZVODNJU SOKOVA
PRAĆENJEM I UNAPREĐENJEM KVALITETA KODA****OPTIMIZATION OF THE INFORMATION SYSTEM FOR JUICE PRODUCTION
THROUGH CODE QUALITY MONITORING AND IMPROVEMENT**

Kristina Nikolić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO INFORMACIONIH
SISTEMA**

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazan je sistematski pregled literature koji istražuje uticaj refaktorisanja koda na attribute internog i eksternog kvaliteta koda. Proces refaktorisanja se smatra ključnim korakom u fazi razvoja i održavanja softvera, jer poboljšava čitljivost, preglednost i organizaciju koda. Pored toga, rad uključuje i praktičnu demonstraciju razvoja aplikacije za automatizaciju procesa planiranja proizvodnje sokova uz analizu koda kako bi se dobili najbolji predlozi za refaktorisanje, što je rezultiralo uspešnom primenom odgovarajućih tehnika refaktorisanja.

Ključne reči: Refaktorisanje, tehnike refaktorisanja, interni kvalitet, eksterni kvalitet, SonarQube

Abstract – This paper presents a systematic literature review that explores the impact of code refactoring on the attributes of internal and external code quality. The refactoring process is considered a key step in the development and maintenance phases of software, as it enhances code readability, clarity, and organization. Additionally, the paper includes a practical demonstration of developing an application for automating the juice production planning process, along with a code analysis to derive the best suggestions for refactoring, resulting in the successful application of appropriate refactoring techniques.

Keywords: Refactoring, Refactoring Techniques, Internal Quality, External Quality, SonarQube

1. UVOD

U današnjem dobu digitalizacije, softveri i aplikacije postaju ključni aspekti savremenog poslovanja. Kvalitet koda predstavlja veoma bitnu kariku u tom lancu, jer od njega zavisi funkcionalnost i performanse alata koji se svakodnevno koriste. Primena rešenja koja poboljšavaju kvalitet koda direktno utiče na njegovu upotrebljivost u budućnosti, pa je važno odabrati tehnike koje osiguravaju visoki kvalitet. Održavanje softvera, uključujući refaktorisanje, postalo je standardna praksa za unapređenje kvaliteta i sprečavanje opadanja performansi softverskih rešenja. Ovaj proces uključuje restrukturiranje postojećeg koda, uklanjanje nedostataka u dizajnu i eliminisanje loših mirisa koda, čime se povećavaju mogućnosti programa i

osigurava bolja funkcionalnost. Kvalitet se može analizirati iz različitih uglova, što dovodi do različitih poimanja ovog koncepta. U kontekstu kvaliteta koda i softverskog proizvoda, poboljšanje određenih segmenata može značajno doprineti opštem kvalitetu softvera. Na primer, kod postaje razumljiviji i pregledniji kada se koriste smislene konvencije imenovanja i izbegava ponavljanje iste logike. Time se poboljšavaju karakteristike preglednosti i razumljivosti, što je cilj refaktorisanja. Postoje dve vrste kvaliteta na koje treba obratiti pažnju: interni kvalitet, koji se odnosi na percepciju programera o važnosti koda, i eksterni kvalitet, koji se fokusira na potrebe korisnika i programera i spoljašnje ponašanje aplikacije. Ova dva aspekta su ključna za ocenu kvaliteta softverskog rešenja. Ovaj rad istražuje i identifikuje najučinkovitije tehnike i strategije refaktorisanja. Struktura rada obuhvata teorijski pregled koncepta, kratak pregled razvoja aplikacije za automatizaciju procesa planiranja proizvodnje sokova, kao i analizu koda uz primenu refaktorisanja. Kroz sistematski pregled literature, istražuju se uticaji refaktorisanja na interni i eksterni kvalitet koda, dok softversko rešenje predstavlja simulaciju planiranja proizvodnje sokova, pružajući dobar primer za analizu različitih aspekata kvaliteta.

2. PREGLED LITERATURE

Za potrebe ovog rada izvršen je sistematski pregled literature o uticaju refaktorisanja koda na interni i eksterni kvalitet koda. Cilj ovog odeljka je prikupljanje informacija koje se tiču procesa refaktorisanja, različitih tehnika i loših mirisa koda i identifikacija efekata na različite karakteristike kvaliteta koda. Kroz tri potpoglavlja predstavljeni su koraci procesa i rezultati istraživanja.

2.1. Planiranje pregleda literature

U ovom delu sistematskog pregleda literature predstavljeni su osnovni koncepti refaktorisanja koda, njegovi efekti na kvalitet, kao i tehnike koje se koriste za rešavanje loših mirisa koda. Loši mirisi predstavljaju anomalije koje utiču na održavanje i razumljivost i ukazuju na nedostatke u dizajnu koda čineći ga lošijim i težim za održavanje. Neki u praksi često viđeni primeri loših mirisa koda su: *Long Method*, *Feature Envy* i *Duplicated Code*. Takođe, u zavisnosti od strukture i tipa koda koriste se različite tehnike refaktorisanja koda koje opisuju gde u kodu bi svaka od njih trebala biti primenjena i imaju veliki uticaj na uklanjanje loših mirisa koda. Neki od primera ovih tehnika su: *Move Method*, *Extract Class*, *Extract Method* i

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Darko Stefanović, redovni profesor

Rename Method. Kada je reč o kvalitetu koda, kvalitet koda predstavlja meru koju čine određeni principi, standardi i karakteristike kojima se on predstavlja i vrednuje. Što je kod kvalitetniji to je manja potreba za njegovim refaktorisanjem. U kontekstu refaktorisanja koda, meri se uticaj na sam kvalitet, a kvalitet koda se ocenjuje kroz interne attribute (veličina, složenost, nasleđivanje, kohezija i sprega), koji se mogu direktno meriti i eksterne attribute (razumljivost, upotrebljivost, performanse i održavanje), koji se mogu indirektno meriti i u velikoj meri zavise od internih atributa kvaliteta [1].

Ovi atributi su važni za razumevanje i merenje kvaliteta koda, a uticaj različitih tehnika refaktorisanja na njih je ključna tema ovog pregleda. U skladu sa tim, neophodno je formulisati konkretna istraživačka pitanja koja će usmeriti analizu i pregled dostupne literature. Kao glavni fokus pregleda literature, definisana su sledeća istraživačka pitanja:

IP1. Da li i kako refaktorisanje koda utiče na interni kvalitet koda, tj. na attribute kao što su: nasleđivanje, složenost, veličina, kohezija i sprega?

IP2. Da li i kako refaktorisanje koda utiče na eksterni kvalitet koda, tj. na attribute kao što su: razumljivost, mogućnost ponovnog korišćenja, performanse i održivost?

IP3. Kombinacija kojih specifičnih tehnika refaktorisanja je najefikasnija u poboljšanju internog kvaliteta koda?

IP4. Kombinacija kojih specifičnih tehnika refaktorisanja je najefikasnija u poboljšanju eksternog kvaliteta koda?

IP5. Koje su najčešće korišćene tehnike refaktorisanja u praksi?

IP6. Da li postoji korelacija između poboljšanja internog kvaliteta koda i poboljšanja eksternog kvaliteta koda nakon primene refaktorisanja koda?

Nakon ovoga, definisane su adekvatne baze pretrage, uključujući *Google Scholar* kao primarnu bazu zbog njene dostupnosti i širokog spektra literature, dok je *CORE* baza odabrana kao sekundarna baza pretrage. Odabirom adekvatnih baza pretrage, prelazi se na izbor ključnih reči koje uključuju "Code Refactoring", "Refactoring techniques", "Code quality", "Internal code quality", "External code quality" i "Impact", a koje su ključne za identifikaciju relevantnih studija. Kombinovanjem ovih reči, sinonima i *boolean* operatora, definisan je niz pretrage koji obuhvata sve relevantne aspekte istraživanja. Taj niz izgleda ovako: ("refactoring" OR "code refactoring") AND ("impact" OR "influence") AND ("code quality" OR "software quality" OR "source code quality") AND ("internal quality" OR "external quality" OR "internal software quality" OR "external software quality"). Nakon primene niza pretrage, definisani su kriterijumi inkluzije i ekskluzije. Uključeni su radovi objavljeni između 2014. i 2024. godine koji identifikuju različite tehnike refaktorisanja i njihov uticaj na kvalitet, s posebnim fokusom na interne attribute kvaliteta kao što su nasleđivanje, složenost, veličina, kohezija i sprega, kao i na eksterne attribute kvaliteta poput razumljivosti, mogućnosti ponovnog korišćenja, performansi i održivosti. S druge strane, isključeni su radovi koji se bave samo površnim aspektima

refaktorisanja ili teorijskim pitanjima bez empirijskih dokaza, kao i oni koji ne pružaju odgovore na istraživačka pitanja, nemaju dostupnu PDF ili HTML verziju, nemaju jasno definisanu metodologiju i rezultate, ili nisu na engleskom jeziku.

2.2. Izvođenje sistematskog pregleda literature

U ovom potpoglavlju predstavljen je proces odabira studija korišćenjem definisanih kriterijuma, kao i evaluacija i selekcija literature u odnosu na istraživačka pitanja. Nakon formulacije istraživačkih pitanja i ključnih reči, izvršena je pretraga u *Google Scholar* bazi, što je dovelo do 2.110 studija. Primenom filtera za period od 2014. do 2024. godine, broj radova smanjen je na 1.520. Dodavanjem ključnih reči za isključivanje radova bez empirijskih dokaza, opseg se smanjio na 1.440, a zatim na 1.050, isključivanjem radova bez jasno definisane metodologije. Na kraju, uz uključivanje termina za interni i eksterni kvalitet koda, broj relevantnih radova smanjen je na 88. Primenom jezičkog filtera, ostalo je 79 radova na engleskom jeziku, a finalni niz pretrage glasi:

("refactoring" OR "code refactoring") AND ("impact" OR "influence") AND ("code quality" OR "software quality" OR "source code quality") AND ("internal quality" AND "inheritance" AND "complexity" AND "size" AND "cohesion" AND "coupling") OR ("internal software quality" AND "external quality" AND "reusability" AND "performance" AND "maintainability")) AND ("empirical" OR "practical") AND ("methodology" AND "results") AND (language: English). Na kraju, sledi korak "ručnog pregleda literature", koji je poslednji korak ovog procesa pre prelaska na tumačenje rezultata, a u njemu je potrebno poštovati poslednji kriterijum ekskluzije, odnosno isključiti sve rezultate koji nemaju dostupnu PDF ili HTML verziju, jer su radovi sa dostupnim linkom obično dostupni svima, što doprinosi ponovljivosti pregleda, a označeni su u rezultatima pretrage uz odgovarajuće oznake koje omogućavaju direktan pristup ili *offline* čitanje. Nakon ove pretrage u okviru *Google Scholar* baze selektovano je ukupno 15, relevantnih radova, a kasnijom pretragom u okviru *CORE* sekundarne baze pretrage selektovan je još jedan rad, s tim što je u ovoj pretrazi uzet u obzir i kriterijum ekskluzije da se isključe radovi koji su duplikati.

2.3. Izveštavanje o rezultatima

U ovom potpoglavlju predstavljeni su rezultati analize 16 selektovanih radova. Svi radovi su analizirani kako bi se formiralo sveobuhvatno mišljenje o njihovim ključnim rezultatima i doprinosima. Ova analiza identifikovala je zajedničke teme i obrasce, što je ključno za odgovaranje na postavljena istraživačka pitanja. Ova evaluacija ističe doprinos svakog rada, a na osnovu toga dati su odgovori na istraživačka pitanja:

IP1. Da li i kako refaktorisanje koda utiče na interni kvalitet koda, tj. na attribute kao što su: nasleđivanje, složenost, veličina, kohezija i sprega?

Rezultati u odnosu na attribute internog kvaliteta prikazani su u okviru pređašnje tabele. Čelije u kojima se nalazi znak + izražavaju pozitivan uticaj, - negativan, +/- varijabilan (uglavnom stavljen kod onih studija koje ističu da atributi mogu varirati u odnosu na primenu različitih tehnika) i

znak / znači da nedostaju informacije na osnovu kojih bi se mogao doneti adekvatan zaključak.

Tabela 1. Pregled radova u odnosu na interne attribute kvaliteta koda

rad	nasledivanje	složenost	veličina	Kohezija	sprega
[2]	+	-	-	+	+
[3]	+	-	-	+	-
[4]	-	+	+/-	+	+/-
[5]	+/-	-	-	+/-	-
[6]	+	-	-	+	+
[7]	-	+	+	-	-
[8]	+	-	-	+	-
[9]	/	+/-	/	+	-
[10]	/	-	-	+	+
[11]	/	-	+	+	+
[12]	/	-	+	+	+
[13]	+	-	-	+	+/-
[14]	+	+	-	+	+
[15]	+	+	+	+	+
[16]	+/-	+/-	+	+/-	+
[17]	+/-	+/-	-	+	+/-

Na osnovu analize, utvrđeno je da refaktorisanje najviše pozitivno utiče na spregu, koheziju i nasledivanje, dok složenost i veličina koda mogu pokazivati negativne ili varijabilne uticaje. Važno je napomenuti da se pogoršanje složenosti i veličine ne mora nužno povezivati s lošijim kvalitetom koda. Na primer, novčanik bez pregrada može izgledati jednostavno, ali dodavanje pregrada olakšava organizaciju, slično kao dodavanje novih linija koda koje mogu povećati složenost, ali i poboljšati strukturu.

IP2. Da li i kako refaktorisanje koda utiče na eksterni kvalitet koda, tj. na attribute kao što su: razumljivost, mogućnost ponovnog korišćenja, performanse i održivost?

Tabela 2. Pregled radova u odnosu na eksterne attribute kvaliteta koda

rad	razumljivost	Mogućnost ponovnog korišćenja	performanse	održivost
[2]	+	+	+	+/-
[3]	+	+	-	-
[4]	-	-	+/-	-
[5]	+	+	-	+
[6]	+	+	+	+
[7]	+	+	+/-	+
[8]	+	+	-	+
[9]	+/-	+	+	+/-
[10]	+	+	+/-	+
[11]	-	+	-	+
[12]	+	+	+/-	+
[13]	+	+/-	+/-	+/-
[14]	+	+	+	+
[15]	/	+	/	+
[16]	+/-	+	+	+
[17]	-	+/-	-	-

Rezultati analize radova, u odnosu na ovo pitanje, su gotovo ravnomerno podeljeni. Neki istraživači su ukazali na mogućnost degradacije određenih atributa usled refaktorisanja, dok su drugi potvrdili njegov pozitivan uticaj. U slučajevima negativnih efekata, dokazi često nisu uverljivi; na primer, neki radovi (npr. drugi selektovan rad) sugerišu da refaktorisanje može smanjiti održivost i performanse, ali su ti nalazi dobijeni refaktorisanjem manjih projekata. Preporučuje se ponavljanje studija na većim sistemima kako bi se bolje odrazilo realne situacije. U suštini, primenom adekvatnih tehnika refaktorisanja može se

poboljšati razumevanje, održivost, ponovljivost i performanse softverskih rešenja.

IP5. Koje su najčešće korišćene tehnike refaktorisanja u praksi?

Tabela u nastavku prikazuje učestalost pomenutih tehnika u analiziranim radovima, dajući odgovor na postavljeno pitanje:

Tabela 3. Pregled tehnika refaktorisanja prema selektovanim radovima

Tehnika refaktorisanja	Broj radova
Push Down Method	10
Extract Class i Move Method	9
Extract Method, Extract Subclass, Extract Interface	8
Replace Conditional with Polymorphism	7
Replace Type Code with State/Strategy, Duplicate Observed Data, Introduce Local Extension, Pull Up Method	6
Introduce Null Object, Form Template Method, Rename Method	5

U obzir su uzete samo tehnike refaktorisanja koje se pominju u više od 5 radova, s obzirom na to da je analizirano ukupno 16 radova i identifikovano 30 različitih tehnika. Ovo omogućava fokusiranje na najrelevantnije i najčešće korišćene tehnike, koje su pokazale značajnu primenu u praksi.

IP3. Kombinacija kojih specifičnih tehnika refaktorisanja je najefikasnija u poboljšanju internog kvaliteta koda?

Iako ne postoji idealan set tehnika za garantovano poboljšanje svih aspekata internog kvaliteta, na osnovu analiziranih radova, najefikasnije tehnike su: *Extract Method*, *Move Method*, *Extract Class/Subclass*, *Replace Conditional with Polymorphism*, i *Push Down Method*. Ove tehnike su se pokazale uspešnima u poboljšanju kohezije, smanjenju zavisnosti, te smanjenju kompleksnosti i složenosti. Zbog njihove česte primene u različitim kombinacijama, predstavljaju ključne tehnike za unapređenje kvaliteta koda.

IP4. Kombinacija kojih specifičnih tehnika refaktorisanja je najefikasnija u poboljšanju eksternog kvaliteta koda?

Uglavnom, tehnike koje se pominju kao efikasne u kontekstu internog kvaliteta, efikasne su i u kontekstu eksternog kvaliteta, jer je promena internih atributa kvaliteta u velikoj meri povezana i sa eksternim kvalitetom. Dodatno, tehnike *Extract Method*, *Move Method*, *Extract Class/Subclass*, *Replace Conditional with Polymorphism* i *Push Down Method*, rešavaju probleme u oba aspekta kvaliteta. Takođe, *Introduce Null Object* poboljšava razumljivost i održivost smanjenjem grešaka povezanih s null vrednostima, dok *Replace Type Code with Sub-classes/State/Strategy* olakšava ponovnu upotrebu i proširivost sistema. Odgovor na ovo, kao i na prethodno pitanje najbolje se može naći uvidom u tabelu najčešće pominjanih i korišćenih tehnika.

IP6. Da li postoji korelacija između poboljšanja internog kvaliteta koda i poboljšanja eksternog kvaliteta koda nakon primene refaktorisanja koda?

Postoji značajna povezanost između poboljšanja internog i eksternog kvaliteta koda, kako pokazuju prethodne tabele i komentari iz radova. Različite metode refaktorisanja pozitivno utiču na interne aspekte, što se reflektuje na eksterni kvalitet. Na primer, poboljšanje razumljivosti često dolazi iz unapređenja internih atributa, poput promena imena varijabli ili deljenja složenih metoda. Mogućnost ponovnog korišćenja se poboljšava izvlačenjem zajedničkih funkcionalnosti, dok se performanse unapređuju smanjenjem kompleksnosti. Održivost raste grupisanjem povezanih funkcionalnosti. Zaključno, poboljšanje određenog internog atributa doprinosi poboljšanju eksternog, dok degradacija internog može uticati na pogoršanje ili, u nekim slučajevima, poboljšanje eksternog.

3. KRATAK PREGLED RAZVIJENE APLIKACIJE

U ovom poglavlju dat je kratki opis razvijene aplikacije, sa fokusom na njene glavne funkcionalnosti i arhitekturu. Aplikacija je konstruisana kao sveobuhvatno softversko rešenje koje integriše *MySQL* za upravljanje podacima, *Spring Boot* za *backend* logiku, i *React JS* za korisnički interfejs. Cilj njenog razvoja je omogućiti kasniju primenu tehnika refaktorisanja koda, kao i detaljnu analizu kvaliteta koda. Ovaj pristup će pomoći u identifikaciji potencijalnih oblasti za optimizaciju i poboljšanje održivosti aplikacije. Aplikacija je razvijena kako bi simulirala proces planiranja proizvodnje sokova, obuhvatajući ključne aspekte kao što su praćenje receptura, upravljanje zalihama sastojaka i planiranje proizvodnje. Implementirana poslovna logika omogućava korisnicima da definišu sastav različitu vrstu sokova, prate stanje slobodnih zaliha na osnovu unetih podataka o proizvodnji, i prate aktivne mašine pre pokretanja procesa. Sistem podržava dvojak korisnički pristup, s ulogama administratora i kupca, koji imaju različite stepenove ovlašćenja. Kupci mogu inicirati proizvodnju sokova, dok administratori imaju mogućnost nadzora i izmene statusa procesa. Osim toga, implementirani su procesi autentifikacije i autorizacije, čime je obezbeđena sigurnost podataka i sprečen neovlašćen pristup.

4. ANALIZA I REFAKTORISANJE KODA

Analiza je sprovedena korišćenjem *SonarQube* platforme, fokusirajući se na serverski i klijentski deo aplikacije za planiranje proizvodnje sokova. Nakon importovanja komponenti, pokrenuta je analiza koda, a zatim je izvršena prioritizacija problema. Najčešća greška u *backend* delu odnosila se na korišćenje *dependency injection*-a, rešena prelaskom na konstruktor, dok je u *frontend* delu prioritet imao problem dupliranog koda. Tokom refaktorisanja korišćene su tehnike poput *Extract Method*, *Replace Type* i *Rename Variable*, što je značajno poboljšalo kvalitet koda i postiglo bolji interni i eksterni kvalitet. Tehnike refaktorisanja, kao što su "*Extract Method*" i "*Rename Method*", direktno utiču na loše mirise u kodu, poput "*Feature Envy*" i "*Duplicated Code*", čime se unapređuju atributi kvaliteta kao što su kohezija, veličina i složenost. Ove promene takođe pozitivno utiču na eksterne attribute kvaliteta, uključujući razumljivost, ponovnu upotrebu i performanse, čime se poboljšava korisničko iskustvo. Ovi

nalazi naglašavaju značaj refaktorisanja za ukupno poboljšanje kvaliteta softverskih rešenja.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu istražen je uticaj refaktorisanja koda na kvalitet, uz sistematski pregled literature koji je poslužio kao osnova za praktični deo. Razvijena je aplikacija za automatsko planiranje proizvodnje sokova, gde je analiza koda i primena refaktorisanja unapredila strukturu koda bez promene njegovog spoljašnjeg ponašanja. Rezultati analize u *SonarQube*-u pokazali su da određene tehnike refaktorisanja pozitivno utiču na interni i eksterni kvalitet, smanjujući greške i poboljšavajući performanse i održivost aplikacije. Buduća istraživanja će se fokusirati na konkretne tehnike refaktorisanja i njihov uticaj na različite tipove aplikacija, kao i na efikasnost alata za analizu koda. Kontinuirano usavršavanje i primena najboljih praksi ostaju ključni za postizanje visokog nivoa kvaliteta u razvoju softvera.

6. LITERATURA

- [1] DOI: <https://doi.org/10.24867/30OI03Nikolic>
- [2] DOI: <https://doi.org/10.24867/30OI03Nikolic>
- [3] KANNANGARA, S. H.; WIJAYANAYAKE, W. M. J. I. An empirical evaluation of impact of refactoring on internal and external measures of code quality. arXiv preprint arXiv:1502.03526, 2015 Available: <https://arxiv.org/abs/1502.03526>.
- [4] DOI: <https://doi.org/10.24867/30OI03Nikolic>
- [5] DOI: <https://doi.org/10.24867/30OI03Nikolic>
- [6] GORAN, MAU; GRBAC, TIHANA GALINAC. The Impact of Refactoring on Maintainability of Java Code: A Preliminary Review. 2019.
- [7] DOI: <https://doi.org/10.24867/30OI03Nikolic>
- [8] DOI: <https://doi.org/10.24867/30OI03Nikolic>
- [9] DOI: <https://doi.org/10.24867/30OI03Nikolic>
- [10] DOI: <https://doi.org/10.24867/30OI03Nikolic>
- [11] Khaleel, Shahbaa I., and Ghassan Khaleel Al-Khatouni. "A literature review for measuring maintainability of code clone." Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science 31.2 (2023): 1118-1127.
- [12] DOI: <https://doi.org/10.24867/30OI03Nikolic>
- [13] DOI: <https://doi.org/10.24867/30OI03Nikolic>
- [14] DOI: <https://doi.org/10.24867/30OI03Nikolic>
- [15] DOI: <https://doi.org/10.24867/30OI03Nikolic>
- [16] DOI: <https://doi.org/10.24867/30OI03Nikolic>
- [17] Szőke, Gábor, et al. "A case study of refactoring large-scale industrial systems to efficiently improve source code quality." Computational Science and Its Applications-ICCSA 2014: 14th International Conference, Guimarães, Portugal, June 30-July 3, 2014, Proceedings, Part V 14. Springer International Publishing, 2014

Kratka biografija:



Kristina Nikolić rođena je 12. 9. 1999. godine u Novom Sadu. Nakon završene srednje škole 2018. godine, upisuje osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka, smer Inženjerstvo informacionih sistema. Diplomski rad je odbranila u septembru 2022. godine i iste godine upisuje master studije.
Kontakt: kristina.nikolic@uns.ac.rs

PAMĆENJE I EEG - KORELACIJA IZMEĐU PAŽNJE I UČENJA**MEMORY AND EEG - CORRELATION BETWEEN ATTENTION AND LEARNING***Jovana Kalamković, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – BIOMEDICINSKO INŽENJERSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu ispitivana je korelacija između nivoa pažnje i performanse u pamćenju, korišćenjem elektroencefalografije (EEG), tokom različitih metoda usvajanja informacija. Korišćen je Emotiv Insight uređaj za merenje EEG signala u kombinaciji sa EmotivPRO softverom, kako bi se pratile i analizirale promene u nivou pažnje ispitanika, dok su se informacije predstavljale kroz animaciju, video naraciju ili tekst. Nakon faze učenja, ispitana je količina zapamćenog materijala kroz objektivizovan test.

Ključne reči: EEG talasni opsezi, Elektroencefalografija (EEG), pamćenje, pažnja.

Abstract – In this paper, the correlation between attention levels and memory performance was investigated using electroencephalography (EEG) during different methods of information acquisition. The Emotiv Insight device was used for measuring EEG signals, in combination with EmotivPRO software, to monitor and analyze changes in participant attention levels as information was presented through animation, video narration, or text. After the learning phase, the amount of memorized material was assessed through an objective test.

Keywords: EEG waveform range, Electroencephalography (EEG), memory, attention.

1. UVOD

U svetu nauke, napreci u tehnologiji značajno su povećali dostupnost i preciznost instrumentalnih metoda koje se koriste za istraživanje ljudskih kognitivnih procesa. Specifično, merenje EEG-a, koje je nekada bilo moguće samo u specijalizovanim laboratorijama, sada se može obavljati manje invazivno i dostupnijim uređajima, kao što je *Emotiv Insight*. Ovaj napredak omogućio je nove mogućnosti za produbljivanje razumevanja kognitivnih fenomena poput pamćenja i pažnje.

Savremene tehnološke inovacije u oblasti veštačke inteligencije donele su revoluciju ne samo u analizi podataka, već i u načinima prezentovanja informacija. Sada je lako i brzo kreirati kreativan i interaktivan edukativni sadržaj, čime se otvaraju novi prostori za istraživanje uticaja različitih stilova učenja na pamćenje.

Glavni cilj ovog istraživanja jeste da ustanovi korelaciju između nivoa pažnje ispitanika, merenog pomoću EEG

signala, i količine materijala koji će biti uspešno zapamćen. EEG signali su merjeni korišćenjem *EmotivPRO* softvera uz *Emotiv Insight* hardverski uređaj tokom procesa usvajanja novih informacija i tako pružili uvid u kognitivno stanje ispitanika u realnom vremenu.

Potom, po završetku faze učenja, količina savladanog gradiva je proveravana putem testa, čime su se dobili kvantitativni podaci o uspehu pamćenja. Ovakav pristup omogućava da se direktno povežu fiziološke mere aktivnosti mozga sa kognitivnim ispitivanjima pamćenja. Pored toga, istraživano je kako kratkoročno i dugoročno pamćenje reaguje na različite načine prezentacije informacija.

2. NEURONAUKA**2.1 Neurologija, kognitivna neurologija i memorija**

Kognitivna neurologija ljudske memorije je nauka koja ima za cilj da razume kako zabeležavamo, zadržavamo i vraćamo iskustva u smislu sistema pamćenja - specifičnih neuralnih mreža, koje podržavaju određene memorijske procese [1].

Deklarativna memorija obuhvata sticanje, zadržavanje i vraćanje znanja koje može biti svesno i namerno rekonstruisano. Ovo znanje uključuje sećanje na događaje (epizodna memorija) ili činjenice (semantička memorija).

Nasuprot tome, ne-deklarativni ili proceduralni tipovi memorije obuhvataju sticanje, zadržavanje i povratak znanja izraženog kroz promene u izvođenju izazvane iskustvom [2].

2.2 Pažnja i fokus

Definisanje pažnje nije jednostavno. To je zato što koncept pažnje ima veze sa različitim aspektima našeg svakodnevnog ponašanja. Aspekti aktivacije, selekcije i kontrole bili su uključeni u koncept pažnje od ranijih do savremenih teorijskih modela. S jedne strane, pažnja predstavlja odnos između ogromne količine stimulacije koju pruža složeno okruženje i manjeg skupa informacija kojih smo svesni. S druge strane, pažnja je uglavnom povezana sa dobrovoljnom i naporom kontrolisanom akcijom, suprotno dobro naučenom automatskom ponašanju. Veoma često radimo stvari automatski. Na primer, možemo izvoditi prilično kompleksan motorički čin, dok nam je pažnja usmerena na drugu aktivnost, kao što je razgovor sa prijateljem. Automatske radnje ne zahtevaju pažnju [3].

Koncentracija je proces pažnje koji uključuje sposobnost fokusiranja na zadatke pred sobom, dok se spoljašnje ometanje ignoriše. Kognitivna istraživanja pokazuju da je

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Platon Sovilj, red. prof.

to ključno za uspeh u bilo kojoj oblasti veštinskog izvođenja [4].

2.3 Elektroencefalografija

Elektroencefalografija je oblast koja se bavi snimanjem i interpretacijom elektroencefalograma. Elektroencefalogram (EEG) predstavlja zapis električnog signala koji generišu koordinirane aktivnosti moždanih ćelija, odnosno tačno vreme ekstracelularnih potencijala polja koji se generišu njihovim sinhronizovanim delovanjem. Naziv elektroencefalografija je sastavljen od tri reči: elektro - odnosi se na električnu struju, enkephalo - mozak i graf - pisati.

EEG signal je karakteristična ritmička aktivnost određene frekvencije. Ovi signali se nazivaju EEG talasi. EEG talasi se javljaju između 1 Hz i 100Hz, a po frekvenciji se dele na alfa, beta, gama, delta i teta talase.

- Delta (Δ) talasi su dominantna karakteristika u EEG zapisima tokom dubokog sna. U ovoj fazi, delta talasi obično imaju velike amplitude (75–200 mV) i pokazuju snažnu koherentnost širom temena glave.
- Teta (Θ) talasi se retko javljaju kod odraslih ljudi. Međutim, oni su dominantni kod glodara; u ovom slučaju, opseg frekvencija je širi (4–12 Hz).
- Alfa (α) talasi su dominantni tokom budnosti i najizraženiji su u zadnjim regionima glave.
- Beta (β) aktivnost je karakteristična za stanja povećane budnosti i usmerene pažnje, kako je pokazano u nekoliko studija na životinjama i ljudima.
- Gama (γ) aktivnost je povezana s procesuiranjem informacija i početkom dobrovoljnih pokreta.

Generalno, može se sažeti da su najsporiji kortikalni ritmovi povezani sa neaktivnim mozgom, dok su najbrži povezani sa procesiranjem informacija [5,6].

3. EMOTIV

3.1 Emotiv Insight

U ovom radu za prikupljanje EEG signala korišćen je Emotiv Insight - petokanalni bežični EEG headset. Kao što sam naziv kaže, on ima 5 kanala za prikupljanje signala koje se postavljaju na različite delove glave. Ovi senzori su "upakovani" u plastično kućište slično kruni (slika 1), te se pozicija kanala sama nameće.



Slika 1. Emotiv insight petokanalni uređaj iz dva ugla [7]

3.2 EmotivPRO

EmotivPRO je sveobuhvatno rešenje kompanije Emotiv za istraživanje neurologije.

EmotivPRO se sa Emotiv Insight uređajem za merenje EEG-a povezuje putem bluetooth bežične konekcije.

Postavka uređaja na glavu se vrši tako što se na senzore uređaja stavi mala količina provodnog gela i oni se postave ispitaniku na glavu.

Zatim se proverava kvalitet signala dobijen iz uređaja, tako što se na ekranu gleda ostvareni procenat za svaki kanal.

Može se pristupiti različitim prikazima u EmotivPRO korišćenjem menija sa leve strane ekrana. Meni je uvek vidljiv na ekranima visoke rezolucije. Ako se koristi ekran niske rezolucije, može se pristupiti meniju klikom na ikonicu menija u gornjem levom uglu EmotivPRO.

Meni uključuje sledeće funkcije:

- Pregled sirovih EEG podataka: omogućava pregled u realnom vremenu ili snimljenih podataka sa senzora.
- Izvršavanje analize frekvencije i snage pojedinačnih kanala EEG podataka u realnom vremenu ili na snimljenim podacima.
- Pregled performansi u realnom vremenu ili snimljenih metrika performansi za šest kognitivnih stanja: stres, angažovanost, interes, uzbuđenje, pažnju i opuštanje.
- Pregled podataka senzora pokreta u realnom vremenu ili snimljenih podataka sa 7-kanalnim kvaternionima i podacima akcelerometra.
- Pregled podataka o paketima u realnom vremenu ili snimljenih podataka o gubitku paketa i uhvaćenim podacima iz spoljnog senzora [8].

Za ovaj rad je najbitniji pregled performansi, specifično fokusa.

4. EKSPERIMENT

4.1 Priprema eksperimentalnog materijala

Prvi korak pri pripremi eksperimentalnog materijala je bio odabir teme. Tema je morala da isključi svaku mogućnost prethodnog znanja iz materije, kako bi se osigurala objektivnost eksperimenta.

Izabrana je tema o izmišljenoj životinji iz preistorije, zbog nemogućnosti prethodnog znanja, interesantnosti teme, kao i mogućnosti kreiranja video materijala.

Kako bi se izbegla mogućnost prenošenja znanja između ispitanika iz različitih termina merenja, napravljene su dve verzije materijala sa ponekim činjenicama koje su izmenjene. Za eksperiment je iskorišćeno tri različita medijana prenošenja informacija - tekst, video naracija i video animacija. Za sve tri vrste prikazivanja materijala korišćene su iste informacije u istoj formi (isti tekst). Tekst je potpuno izmišljen od strane autora.

Za kraj, smišljeno je 10 pitanja sa ponuđenim odgovorima.

Svaki ispitanik je test radio dva puta: jednom odmah nakon čitanja, odnosno gledanja materijala, a drugi put nakon jedne sedmice.

4.2 Grupe ispitanika

Ispitanici su podeljeni u tri grupe od po pet ispitanika:

1. Prva grupa je isključivo čitala tekst.
2. Druga grupa je gledala video format sličan lekciji u kome osoba čita tekst i u njenoj pozadini se povremeno pojavljuju relevantne slike.

3. Treća grupa je gledala dokumentarni video sastavljen od animacija i snimaka prirode, nalik na obrazovni program.

U eksperimentu je učestvovalo 15 ispitanika starosti između 20 i 30 godina, srednje vrednosti godina 24,27 i standardne devijacije 2,38. Bilo je devet muških i šest ženskih ispitanika

5. REZULTATI

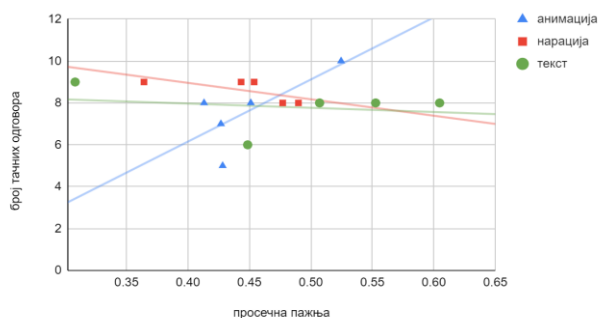
Prikupljeni rezultati merenja su sačuvani u zarezom odvojenim fajlovima (csv) i json fajlovima. Za svakog ispitanika su generisana po dva csv fajla i jedan json fajl. U prvom csv fajlu sadrže se sirova merenja EEG signala, dok se u drugom nalaze podaci metrika performansi koje program sam računa.

Pre obrade i vizualizacija rezultata morale su se otkloniti vrednosti gde PM.Attention.Scaled nije postojala, odnosno gde je ova vrednost bila NaN. Za ovo je korišćena skripta napisana u programskom jeziku Python pomoću Gugl Kolab-a (*Google Colab*).

5.1 Odnos parametara metrike performansi i odgovora odmah nakon merenja

Prosečan broj tačnih odgovora po grupama je 7,6; 8,6 i 7,8 za animaciju, naraciju i tekst, respektivno.

Za svakog ispitanika je izračunata srednja vrednost skalirane pažnje i upisana u tabelu pored vrednosti broja tačnih odgovora na testu. Uz pomoć onlajn programa Gugl Tabele (*Google Sheets*) generisan je grafikon u kome tačke različite boje i oblika predstavljaju različitu grupu ispitanika. Na kraju su dodate linije trenda da se vidi korelacija između vrednosti (grafikon 1).



Grafikon 1. Grafikon prosečne pažnje izračunate pomoću EmotivPRO programa i broja tačnih odgovora

Za jednu grupu ispitanika postoji pozitivna korelacija, za jednu negativna, dok za treću ne postoji korelacija između prosečne skalirane pažnje i broja tačnih odgovora.

Zatim je kreiran isti grafikon, ali je umesto prosečne pažnje korišćena prosečna zainteresovanost. Primećeno je da se kod interesa pojavljuju pozitivne korelacije, naročito kod ispitanika koji su čitali tekst. Korelacija kod ispitanika koji su gledali animaciju je neznatna, te se prosečan interes i broj tačnih odgovora ne mogu smatrati koreliranim.

Nakon čitanja materijala pronađen je potencijalni uzrok ovog neočekivanog rezultata.

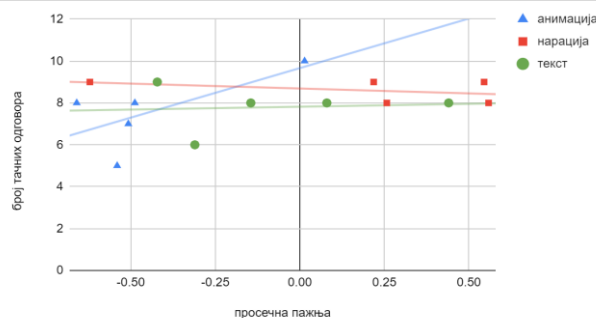
Naime, za računanje skalirane pažnje program koristi sledeću formulu [8]:

$$\begin{aligned} \text{AVERAGE} &= (\text{MAX} + \text{MIN})/2.0 \\ \text{RANGE} &= \text{MAX} - \text{MIN} \\ \text{scaled} &= 1.0 / (1 + \exp(-5.0 * (\text{raw} - \text{AVERAGE}) / \text{RANGE})) \end{aligned} \quad (1)$$

Što ukazuje na to da je skalirana pažnja individualna za svakog ispitanika i njegov maksimum i minimum pažnje, a ne objektivna i uporediva među ispitanicima.

Da bi se probale dobiti objektivne i uporedive vrednosti korišćena je sledeća formula za računanje prosečne pažnje ispitanika:

$$\text{attention} = (\text{AVERAGE}(\text{MAX}) + \text{AVERAGE}(\text{MIN}))/2 \quad (2)$$



Grafikon 2. Grafikon prosečne pažnje izračunate pomoću srednje vrednosti minimuma i maksimuma pažnje i broja tačnih odgovora

Primećuje se da postoje i pozitivne i negativne vrednosti, ali se takođe vidi i znatno manja negativna korelacija kod ispitanika koji su gledali video naraciju (grafikon 2).

Sledeći korak obrade, zbog nepoznavanja tačnosti i načina dolaska do performansi od strane programa EmotivPRO usled nedostatka dokumentacije, je obrada sirovih signala EEG-a.

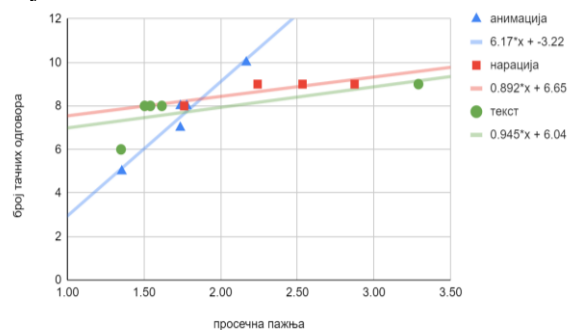
Formula korišćena za računanje prosečne pažnje je:

$$\text{attention} = \text{POW}(\alpha) / \text{POW}(\beta) \quad (3)$$

Prosečna snaga alfa talasa se dobijala tako što su se uzimale srednje vrednosti snage alfa sa svakog kanala i računala se njino srednja vrednost, dok se prosečna snaga beta radila na isti način sa niskim i visokim beta i zatim uzimala srednja vrednost da bi se dobila snaga sa ceo spektar beta talasa.

Prosečna pažnja svih ispitanika za grupu koja je gledala animaciju je 1,75; za grupu koja je gledala video naraciju 2,19; za grupu koja je čitala tekst je 2,03.

Dobijeni rezultati su sledeći:



Grafikon 3. Grafikon prosečne pažnje izračunate iz sirovih podataka EEG signala i broja tačnih odgovora

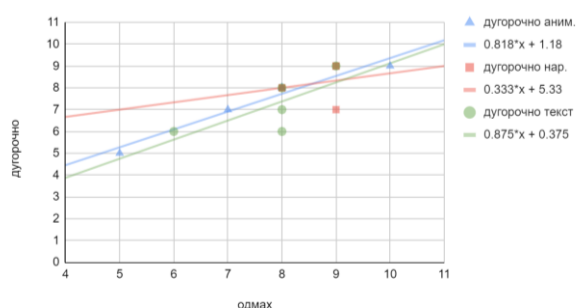
Uočavaju se pozitivne korelacije između prosečne pažnje ispitanika i broja tačnih odgovora koje je ispitanik dao na testu (grafikon 3). Nagib krive za animaciju je veoma visok, čak 6,17, dok je za ostale dve grupe realističniji 0,9 i 0,95 za naraciju u tekst, respektivno. Takođe, kada se izračuna korelacija dobiju se vrednosti 0,98, 0,90 i 0,69 za animaciju, naraciju i tekst, respektivno.

Te vrednosti ukazuju na snažnu pozitivnu korelaciju između izračunate prosečne pažnje ispitanika i količine zapamćenog gradiva.

Standardna devijacija svih vrednosti prosečne pažnje u svim grupama je 0,58. Za grupu animacija je 0,29; za grupu naracija 0,55 i za grupu tekst 0,83.

5.2 Odnos parametara metrike performansi i odgovora nakon jedne sedmice

Ispitanicima je poslat test sastavljen od istih pitanja kao prvi koji su popunjavali nakon jedne sedmice. Nakon popunjavanja su se uporedili rezultati koje su postigli na prvom testiranju.



Grafikon 4. Grafikon odnosa broja tačnih odgovora odmah po gledanju materijala i nakon jedne sedmice

Ono što ovaj grafikon pokazuje je da se kod animacije vidi samo jedna promena broja tačnih odgovora (sa 10 na 9), kod naracije isto samo jedna, ali za dva tačna odgovora manje i kod čitanja teksta su dve osobe imale manji broj tačnih odgovora nego odmah nakon čitanja materijala - jedna za jedan odgovor, a druga za dva tačna odgovora manje (grafikon 4).

Prosečan broj tačnih odgovora je bio 7,4; 8,2 i 7,2 za grupe animacija, naracija i tekst, respektivno, što je za 0,2; 0,4 i 0,6 manje nego test koji je rađen odmah.

6. ZAKLJUČAK

Zaključuje se da se prosečna pažnja između više ispitanika ne može porediti pomoću ugrađene metrike performansi programa EmotivPRO. Međutim, sirove vrednosti koje se mere pomoću uređaja Emotiv Insight su daleko bolje za ovakve eksperimente.

Sa prosečnim vrednostima sirovih podataka snage individualnih moždanih talasa dolazi se do zaključka da postoji jaka korelacija između količine pažnje ispitanika i zapamćenog gradiva. Što je veću koncentraciju imao ispitanik za vreme konzumiranja sadržaja, to je bolje zapamtio i reprodukovao naučeno. Ovaj rezultat je očekivan i smislen.

Iz celog eksperimenta se može zaključiti da svaki vid učenja ima svoje prednosti i mane, te da je, stoga, nemoguće odrediti najbolji. Pamćenje je individualno za

svaku osobu, ali se generalno zaključuje da gledanje animacija daje najbolje dugoročno pamćenje, dok gledanje video naracije daje najbolje kratkoročno pamćenje. Takođe, u zavisnosti koliko je osoba skoncentrisana, zavisi i količina zapamćenog gradiva. Prosečna pažnja ispitanika je bila najveća kod ispitanika koji su gledali video naraciju, što se takođe poklapa sa vrednostima broja tačnih odgovora koje su ispitanici dali, koje su bile najveće u ovoj grupi.

7. LITERATURA

[1] J. D. E. Gabrieli, "COGNITIVE NEUROSCIENCE OF HUMAN MEMORY," *Annu. Rev. Psychol.*, vol. 49, no. 1, pp. 87–115, Feb. 1998, doi: 10.1146/annurev.psych.49.1.87.

[2] P. Graf and D. L. Schacter, "Implicit and explicit memory for new associations in normal and amnesic subjects.," *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, vol. 11, no. 3, pp. 501–518, 1985, doi: 10.1037/0278-7393.11.3.501.

[3] A. R. Damasio, "Time-locked multiregional retroactivation: A systems-level proposal for the neural substrates of recall and recognition," *Cognition*, vol. 33, no. 1–2, pp. 25–62, Nov. 1989, doi: 10.1016/0010-0277(89)90005-X.

[5] A. Moran, "Concentration: Attention and Performance," in *The Oxford Handbook of Sport and Performance Psychology*, 1st ed., S. M. Murphy, Ed., Oxford University Press, 2012, pp. 117–130. doi: 10.1093/oxfordhb/9780199731763.013.0006.

[6] "Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography," *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, vol. 10, no. 2, pp. 370–375, May 1958, doi: 10.1016/0013-4694(58)90053-1.

[7] "Emotiv Insight." [Online]. Available: <https://www.emotiv.com/insight/> (noćeeno: 20.3.2024.)

[8] "EmotivPRO v3.0 Guide." [Online]. Available: <https://emotiv.gitbook.io/emotivpro-v3/> (noćeeno: 20.3.2024.)

Kratka biografija



Jovana Kalamković, rođena je 15. 7. 1999. godine u Zaječaru, Srbija. Osnovnu školu „Svetožar Marković Toza“ završila je u Novom Sadu, kao učenik generacije. Srednju školu „Jovan Jovanović Zmaj“, smer prirodno-matematički bilingvalno-engleski, završila je 2018. godine, kao nosilac Vukove diplome. Iste godine upisala je Univerzitet Edukons, Fakultet za digitalnu produkciju i Fakultet tehničkih nauka, smer biomedicinsko inženjerstvo. Diplomirala je na Fakultetu za digitalnu produkciju 2021. godine sa ukupnom ocenom 9,7 od 10. Na Fakultetu tehničkih nauka diplomirala je 2022. godine sa ukupnom ocenom 9,3 od 10. Trenutno je zaposlena kao inženjer mašinskog učenja u firmi DunavNET u Novom Sadu.

**КРЕИРАЊЕ DITHERING ЕФЕКТА У UNREAL ENGINE-У: ИНТЕРАКТИВНО
ОКРУЖЕЊЕ НА ПРИНЦИПУ ESCAPE ROOM-А****CREATING A DITHERING EFFECT IN UNREAL ENGINE: AN INTERACTIVE
ENVIRONMENT BASED ON THE PRINCIPLE OF AN ESCAPE ROOM**Исидора Николић, Ивана Васиљевић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – РАЧУНАРСКА ГРАФИКА**

Кратак садржај – У овом раду приказан је утицај dithering ефекта на сцену која је направљена на принципу escape room-а. Циљ овог рада је креирање и интеракција са dithering shader-ом. Крајњи исход је приказивање могућности поменутог ефекта и подстицање интересовања за исти. Представљен је процес прављена dithering shader-a, као и стварање и подешавање trigger-a и менија помоћу којих се приказују његове могућности. У теоријском делу рада објашњене су методе и алгоритми за dithering, као и друге врсте шума.

Кључне речи: Шум, Dithering, Unreal Engine

Abstract – This paper shows the dithering effect's influence on a scene created on the principle of an escape room. This paper aims to explain the creation process of a dithering shader and users' interaction with it. The result shows the effect's possibilities and encourages interest in it. The process of creating a dithering shader and creating and setting triggers and menus that display its capabilities are presented. In the theoretical part of the paper, methods and algorithms for dithering, as well as other types of noise, are explained.

Keywords: Noise, Dithering, Unreal Engine**1. УВОД**

У рачунарској графици шум представља непожељне, често насумичне варијације вредности пиксела које могу да поремете, чак и смање квалитет слике. Dithering је техника која се користи за симулацију боја и сенчења додавањем шума. Методе dithering-a су основни метод, дифузија грешке, насумични dithering, организовани dithering, Patterning и dithering заснован на физичким моделима. Најпознатији алгоритми за dithering су Floyd-Steinberg Dithering, Jarvis, Judice, Ninke Dithering, Stucki Dithering, Atkinson Dithering, Burkes Dithering, Sierra, Two-Row Sierra и Sierra Lite [1-3].

Тема овог рада је креирање и интеракција са dithering shader-ом на сцени која је направљена по принципу escape room-a.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Ивана Васиљевић, доцент.

У овом раду приказан је процес прављена dithering ефекта, као и trigger-a и менија помоћу којих корисник интерагује са shader-ом. Поступно је објашњено постављање trigger-a у сцену и њихова функционалност.

Помоћу менија корисник има могућност да тестира границе поменутог ефекта.

Инспирација за овај пројекат биле су игре *Who's Lila?* и *Return of the Obra Dinn*. Обе игре користе dithering shader са разноврсним палетама што доприноси њиховој атмосфери.

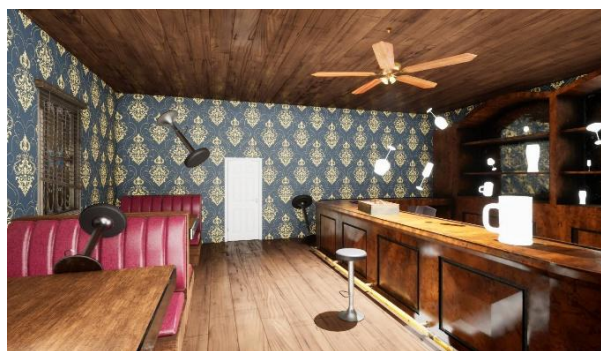
Циљ овог рада је приказивање свих могућности, као и ограничења, dithering shader-a у Unreal Engine-y. У зависности од мапирања коришћених текстура добија се јединствени ефекат који на корисника може да остави дубок утисак.

Текстуре се обично мапирају на равну површину или сферу. Оба начина имају своје предности и мане. У овом пројекту испитују се могућности и границе текстура мапираних на раван камере из првог лица.

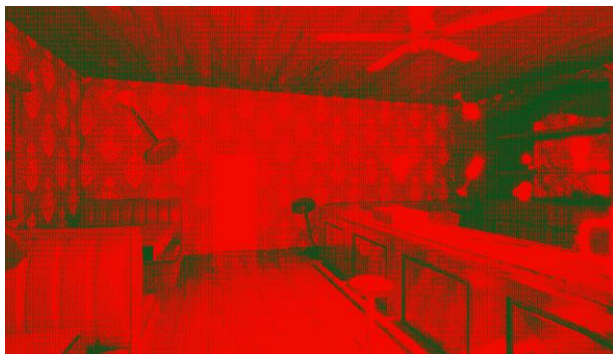
2. СТУДИЈА СЛУЧАЈА

Пројекат је рађен у Unreal Engine 5.3.2. Након његовог покретања карактер бива пребачен у сабласни бар, чијој атмосфери доприноси *PostProcessingMat_Dithering* и његове бројне функционалности. Играч има могућност да се прошета кроз сцену која садржи три главне просторије, а то су бар, соба и таван. Одређени објекти у сцени померају се без директне интеракције играча, док се музика и уплашено дисање карактера непрестано понављају.

Ово дозвољава играчу да остане у том свету колико му је воља, без прекида илузије.



(a)



(б)

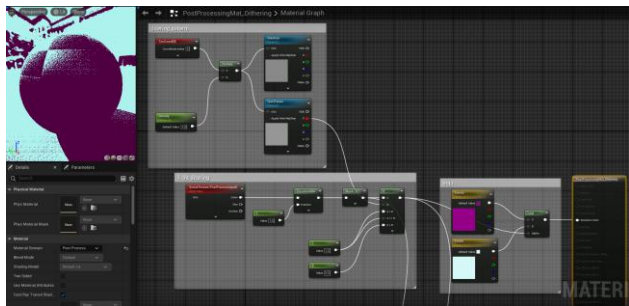
Слика 1 – (а) Приказ сцене без *PostProcessingMat_Dithering*; (б) Приказ сцене са *PostProcessingMat_Dithering*, ауторске слике

Крећући се кроз ниво карактер наилази на *trigger*-е који мењају текстуру *ditering shader*-а, као и њену боју и густину. Када играч дође и до последње просторије откључава се мени помоћу којег он може и сам да мења већ поменуте параметре.

2.1. Креирање *dithering*-а

Постоји више начина да се *shader* прикаже у игри. Један од њих је коришћење *PostProcessVolume*-а који не захтева додатно кодирање. Други начин је коришћење динамичког материјала који се подешава у коду, односно, у случају овог рада, *blueprint*-у.

На слици 2 види се *blueprint* *PostProcessingMat_Dithering*-а. Код овог *Post Process* материјала подељен је у три дела: *ditering paterni*, *1-bit dithering* и боја.



Слика 2 – *PostProcessingMat_Dithering*, ауторска слика

Код *ditering patern*-а користе се разне текстуре. Њихово понављање (енг. *tiling*) контролише *node TexCoord[0]* који у овом примеру има задате почетне вредности (*UTiling* и *VTiling* су 5), док *node Density* управља густином тачкица. Његова почетна вредност је 3 и он је претворен у параметар да би могао касније да се мења током игре.

Црвени канал одабране текстуре из *ditering patern*-а се повезује са Б улазом у *If node 1-bit dithering*-а. Прави се референца материјала са сцене и потом се десатурише. Њен црвени канал се повезује са А улазом у *If node*. На местима где је вредност пиксела сцене већа или једнака један биће приказане тачкице, а у супротном их неће бити.

Боја тачкица и празнина се може подесити помоћу *node*-ова Тамно и Светло. За то се користи линеарна интерполација чија је маска излаз из *If*-а. Ако је алфа

нула користи се прва боја, а ако је један користи се друга. Ова два *node*-а су такође претворена у параметре, више о овоме у делу Креирање интеракције за кориснике.

2.2. Креирање окружења

Као што је раније речено окружење се састоји из три просторије: бар, соба и таван. Сви модели који се налазе у игри преузети су са *Sketchfab*-а, са изузетком модела мердевина и вратанца за таван који су ауторско дело.

Скициран је план просторија и на основу њега су поређани објекти у програму. Пошто је тема овог рада ноћна мора одређени објекти лебде у ваздуху, неки од њих се налазе и на плафону. Пропорције су неприродне што додатно одаје утисак нестварног.

Након што су сви објекти постављени на сцену било је потребно одредити места на којима ће се налазити *trigger*-и који мењају изглед *shader*-а у току игре. Одабрано је да се у свакој просторији нађе један, да би корисник имао довољно времена да сагледа њихова дејства. Они мењају боје, густину и текстуру материјала.

Како они функционишу биће објашњено на следећем примеру. У сцену је потребно додати *TriggerBox* и претворити га у *blueprint* класу. Након тога у *blueprint*-у нивоа додаје се догађај (енг. *event*) који се одиграва само једном и активира када карактер прође кроз *TriggerBox*. Референцира се материјал за *ditering* и он се користи као мета (енг. *target*). Позивају се *Set Vector*, *Scalar* и *Texture Parameter Value node*-ови којима се прослеђују имена параметара из *PostProcessingMat_Dithering*-а.

Да би *Post Process* материјал могао да се референцира потребно је подесити динамички материјал у *BP_FirstPersonCharacter blueprint*-у. У њему се налази догађај који се одвија само једном на почетку игре (енг. *Event BeginPlay*). Са њим се повезује *node Create Dynamic Material Instance* и као родитељ додељен му је *PostProcessingMat_Dithering*. Поставља се почетна вредност за променљиву *Dithering Mat* која представља референцу на дати материјал. Он се потом убацује у низ са вредности тежине мешања (енг. *weight*) једнакој 1. Ово омогућава повезивање више *Post Process* материјала и подешавање њихових утицаја на сцену. Резултат се приказује на камери из првог лица (енг. *First Person Camera*).

2.3. Креирање интеракције за кориснике

Као што је већ поменуто раније, када карактер прође кроз све три просторије у нивоу откључава се *Dithering* мени помоћу којег корисник може да мења одређене аспекте *shader*-а. Елементи *Post Process* материјала које корисник може да мења су текстура, боје и густина материјала. Пошто мени заузима трећину екрана корисник лако може да види промене које врши у сцени.

Текстура се мења помоћу стрелица лево-десно и у менију је приказан њен *preview*. Пројекат садржи укупно десет текстура између којих корисник може да бира. Свакој текстури додељена је по једна цифра од 0 до 9. У променљивој *Text Num* записује се број

тренутно приказане текстуре. Када корисник кликне на десну стрелицу проверава се да ли је променљива већа или једнака 9. У случају да јесте *Text Num* се додељује вредност 0, а ако није број се повећава за један. Логика је слична за клик на леву стрелицу.

Да би се текстура и *preview* могли променити користи се функција *Get Slikateksture Brush*. Ова функција подешава приказ за сваку од могућих цифара. Пошто је принцип исти за све цифре начин функционисања ће бити објашњен за прве две.

На самом почетку се прави референца на *Post Process* материјал помоћу које се позива *Set Texture Parameter Value node*. Уноси се име жељеног параметра, у овом случају то је *Text Param*, а као вредност подешена је одговарајућа текстура. Ово се користи да би се приказала промена у сцени.

Да би се променио *preview* потребно је подесити повратни (енг. *return*) *node*. За вредност слике (енг. *Return Value Image*) узима се иста текстуру као и код *Set Texture Parameter Value*. Такође је потребно наместити величину слике и маргине.

Приказ се мења у зависности од променљиве *Text Num*. Проверава се којем броју је она једнака и у зависности од резултата приказује се једна од десет текстура.

Ове текстуре направљене су уз помоћ *Photoshop*-а. Преузето је неколико слика са интернета које су прво пребачене у *bitmap*, а потом у *grayscale*. Смањена је резолуција свих слика да би се добили артефакти који доприносе изгледу *shader*-а.

За промену боје и густине користе се *slider*-и. Вредности *slider*-а за густину су дате у опсегу од 0,1 до 5, док је опсег *slider*-а светле и тамне боје 0,01 до 1. Да би *slider*-и могли да функционишу без проблема потребно је да се функције које њима управљају ажурирају у реалном времену. Међутим, овде долази до конфликта између *trigger*-а, који се активирају када карактер прође кроз њих, и вредности у менију, које корисник мануелно мења. Да би се ово избегло мени се откључава тек када карактер прође кроз последњи *trigger*.

Функција која управља променом тамне боје купи вредност *slider*-а и мења њен опсег са 0,01-1 на 1-359. Овај опсег представља вредности круга боје (енг. *Color wheel*) за HSV (*Hue*, *Saturation*, *Value*) систем боја. Помоћу *slider*-а се мења *Hue*, док су остале ставке фиксиране. Ове вредности се потом претварају у RGB вредности и помоћу *node*-а *Set Vector Parameter Value* поставља се вредност параметра Тамно. Слично функционишу и функције које мењају вредности Светлог параметра и густину текстуре.

3. ЗАКЉУЧАК

Циљ овог рада био је креирање *dithering* ефекта у *Unreal Engine*-у и приказ његових могућности кроз интеракцију са корисником. Ова интеракција се

вршила помоћу *trigger*-а и менија. У свакој од три просторије које се налазе у сцени постављен је по један *trigger* који мења текстуру, боју и густину *shader*-а када карактер прође кроз њих. На крају нивоa појављује се мени помоћу кога корисник може да управља овим параметрима. У менију се налазе и додатних осам текстура, што поред две које се приказују са *trigger*-има чини укупно десет. Све ово се показало веома успешно.

У пројекту је коришћено само мапирање на раван камере пошто је мапирање на сферу давало незадовољавајуће резултате. Неке од ауторских текстуре нису искоришћене у крајњој верзији из истог разлога.

Иако је пројекат дао веома задовољавајуће резултате увек постоји простора за напредак. Изглед менија који управља параметрима *dithering shader*-а могао би се променити у будућности. Такође би се могле променити вредности параметара које задају *trigger*-и. Још један аспект на коме би могло да се поради су текстуре које ефекат користи. Неке од њих могле би се заменити са новим, више прикладним кандидатима. У овом случају није потребно мењати код пошто је укупан број слика остао исти. Међутим, ако би се пак нове текстуре додале, а старе остале код би се морао преправити.

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] “*Image Noise - Image Engineering*,” www.image-engineering.de. <https://www.image-engineering.de/library/image-quality/factors/1080-noise> (приступљено Авг. 9, 2024).
- [2] L. Mildon, “What Is Dithering in Image Processing?,” *Lifewire*, Сеп. 11, 2020. <https://www.lifewire.com/what-is-dithering-4686105> (приступљено Јан. 16, 2024).
- [3] Surma, “*Ditherpunk — The article I wish I had about monochrome image dithering*,” *surma.dev*, Јан. 04, 2021. <https://surma.dev/things/ditherpunk/> (приступљено Авг. 16, 2024).

Кратка биографија:



Исидора Николић рођена је у Сомбору 2000. год. Дипломирала је 2023. године на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер Анимација у инжењерству изучавајући научну област рачунарска графика.



доцент др **Ивана Васиљевић** докторирала је на Факултету техничких наука у Новом Саду у децембру 2021. год. и тако је постала први доктор наука из научне области Рачунарска графика. контакт: ivanav@uns.ac.rs

PROGRAMSKI KONTROLISANA NASUMIČNOST DOŽIVLJAJA ISTE PUTANJE IGRE

PROGRAM-CONTROLLED RANDOMNESS OF EXPERIENCING THE SAME GAME PATH

Marko Pušac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – RAČUNARSKA GRAFIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu istražene su različite metode koje manji timovi ljudi koriste prilikom razvoja video-igara kako bi produžili vreme igranja. Opisan je dizajn prototipa igre u kom su implementirane neke od analiziranih metoda.

Ključne reči: Računarska grafika, Video-igre, Dizajn igara

Abstract – This paper researches different methods that smaller teams of people developing video games use in order to extend playing time. It describes the design of a game prototype that implements some of the analyzed methods.

Keywords: Computer graphics, Video games, Game design

1. UVOD

Moderne video-igre su veoma kompleksne. One u sebi sadrže kombinaciju raznih elemenata kao što su texture, 3D modeli, animacije, zvučni efekti, muzika, priča, itd. Ono što definiše video-igre kao medij jeste to da igrači mogu da interaguju sa svetom igre kroz razne gejmler mehanike koje igra sadrži. Da bi se napravila video-igra potreban je veliki broj ljudi iz različitih oblasti. Zbog svega toga proces razvoja video-igre je veoma složen i veoma skup.

Velike kompanije imaju dovoljno sredstava koja mogu da investiraju kako bi razvili kompletnu igru visokog kvaliteta sa velikom količinom sadržaja. U razvoju jedne takve igre često učestvuje i po nekoliko stotina ili čak hiljada ljudi. Manji timovi mogu eksperimentisanjem i inovativnim idejama da kreiraju igre koje će se istaći na tržištu i privući pojedine igrače. Međutim, da bi takva igra zadovoljila i zadržala veći broj igrača, i da bi bila konkurentna na tržištu, potrebno je da ima dovoljno sadržaja. Mali timovi ne mogu da se takmiče sa gigantima u industriji po pitanju količine sadržaja u igri ukoliko koriste striktno linearan pristup. Da bi na brz i jeftin način produžili vreme igranja, potrebno je da postojeće elemente igre ponavljaju više puta na različite načine, ali tako da igrači to što manje primete. Rouglajk (eng. *roguelike*) žanr se javlja kao poseban žanr igara koji može da reši takav problem.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red. prof.

Ovaj rad istražuje probleme sa kojima se suočavaju manji studiji prilikom dizajniranja i razvoja video-igara. Izučena je pojava i razvoj rouglajk žanra igara kao popularne opcije za rešavanje nekih od ovih problema. Cilj rada je upoznavanje sa različitim metodama koje studiji primenjuju u ovakvim igrama kako bi na efikasan način povećali količinu sadržaja u igri i time povećali vrednost igre. Proučeno je kada i kako je najbolje koristiti koje metode i analizirane su pozitivne i negativne strane upotrebe ovih metoda. U praktičnom delu rada, stečeno znanje je primenjeno u razvoju prototipa igre.

2. RAZVOJ VIDEO-IGARA U NEZAVISNIM STUDIJIMA

Sa razvojem tehnologije razvile su se i mogućnosti video-igara, a samim tim podigla su se i očekivanja igrača. Zbog velikog finansijskog uloga koji je potreban da bi se razvila jedna igra, kompanije dugo vremena nisu bile voljne da rizikuju. Mnoge igre su pratile istu formulu i bile su međusobno slične, što je dovelo do zasićenja na tržištu [1]. Širenje interneta i veća dostupnost informacija omogućili su pojavu takozvanih nezavisnih studija. U pitanju su studiji sa manjim budžetom i manjim timom ljudi koji samostalno razvijaju sopstvene video-igre. Ove igre su uglavnom manjeg obima, ali u sebi sadrže inovativne elemente kakvi se retko mogu sresti u igrama koje prave lideri u industriji zbog čega su brzo postale popularne među najposvećenijim igračima.

Glavni problem sa kojim se suočavaju nezavisni studiji jeste upravo manji obim igara. Nezavisni studiji nemaju resurse potrebne da bi napravili linearnu igru većeg obima. Da bi bili konkurentni na tržištu i ostvarili profit, moraju da koriste drugačije tehnike kako bi na jeftin način povećali količinu sadržaja u igri i produžili vreme igranja. Potrebno je da elemente igre ponavljaju uz određene varijacije tako da igrači to što manje primete. Ovo najčešće postižu proceduralnim generisanjem sadržaja na različite načine.

2.1. Proceduralno generisanje sadržaja

Proceduralno generisanje sadržaja se može definisati kao kreiranje sadržaja igre pomoću algoritma uz ograničen ili indirektan unos korisnika. „Korisnik“ se ovde može odnositi na igrača ili na dizajnera igre u toku procesa razvoja igre. Sadržaj igre može podrazumevati sve elemente od kojih se sastoji igra: nivoi, mape, priče, zadaci, muzika, pravila igre, texture, modeli, predmeti, oružja, vozila, likovi i još mnogo toga [1].

Primena proceduralnog generisanja sadržaja može se realizovati na različite načine. Sadržaj može proceduralno da se generiše onlajn, odnosno u toku samog igranja igre, ili oflajn, tokom procesa razvoja igre [1]. Dizajneri koriste razne alate u toku razvoja kako bi proceduralno generisali, na primer, teksture ili modele koji će se koristiti u igri.

Za temu ovog rada od mnogo većeg značaja je sadržaj koji se generiše u toku igranja igre. Tipičan primer je generisanje nivoa igre. Nivo može biti generisan u vidu lavirinta ili tamnice sačinjene od međusobno povezanih soba. Oblik i izgled soba je obično unapred definisan, a sobe se prilikom generisanja nivoa nasumično rasporede. U kombinaciji sa generisanjem nivoa gotovo uvek se koristi i neki vid instanciranja entiteta. Generisani nivo potrebno je popuniti elementima igre sa kojima će igrač interagovati. U entitete spadaju razni objekti kao što su trava, kamenje, žbunje, drveće, predmeti, kovčezi sa blagom, karakteri, neprijatelji, itd. Entiteti se mogu instancirati i u nivoima gde su sama osnova i okruženje statički. Instanciranjem samo elemenata koji su ključni za gejmplaj, kao što su zadaci, ciljevi, blago, prepreke ili neprijatelji, na različite pozicije sa svakim novim pokretanjem igre problem se sa tehničke strane značajno pojednostavljuje i na praktičan način se lako mogu ostvariti varijacije u nivou.

Proceduralno generisanje sadržaja otvorilo je vrata novim mogućnostima koje bez njega nisu moguće. Korišćenjem algoritama moguće je od relativno malo sadržaja generisati praktično beskonačno varijacija u igri. Na taj način igrači mogu više puta da igraju iste delove igre, a da ih pritom svaki put dožive drugačije tako da im neće brzo dosaditi. Ovo je jedna od glavnih prednosti proceduralnog generisanja zbog kojeg ga nezavisni studiji često koriste. Proceduralno generisanje sadržaja omogućilo je mnogim nezavisnim studijima da postanu konkurentni na tržištu i uslovalo je nastanak velikog broja igara i čak čitavih žanrova. Među takvim žanrovima je i rouglajk žanr igara.

2.2. Rouglajk žanr

„Rogue“ je video-igra koja je bila popularna osamdesetih godina 20. veka. Velika popularnost igre „Rogue“ dovela je do toga da su mnogi pokušali da je iskopiraju i naprave svoju varijantu. Osamdesetih i devedesetih godina pojavio se ogroman broj klonova koji su uzeli osnovnu ideju i dodali nešto novo. Termin rouglajk nastao je kako bi se jednom rečju opisale sve ovakve igre koje su inspirisane igrom „Rogue“ [2].

Danas se termin rouglajk pre svega odnosi na igre u kojima igrač ima samo jedan život. Kada igrač izgubi život, igra počinje skroz iz početka. Nivo, kao i raspored neprijatelja i predmeta u nivou, proceduralno se generiše prilikom pokretanja igre tako da je svako novo igranje igre drugačije od prethodnih [2].

Istinski ljubitelji video igara koji žele da dožive nešto novo i iskuse pravi izazov pronašli su svoje omiljene igre upravo u rouglajk žanru. Gotovo sve rouglajk igre razvijaju manji studiji sa skromnim budžetom. Uprkos tome, na desetine igara ovog žanra postiglo je ogroman komercijalni uspeh, a vremenom ih se pojavljuje sve više i više.

2.3. Nasumičnost u dizajnu igre

Nasumičnost je jedan od osnovnih elemenata u dizajnu igara. Ogroman broj igara uopšte, a naročito video-igara, koristi nasumičnost na razne načine. Kad god je u toku igre potrebno generisati nove varijacije sadržaja koje nisu unapred definisane, u osnovi toga stoje nasumično generisani brojevi.

U kontekstu dizajna igre, nasumičnost možemo definisati kao informaciju koja dospeva u stanje igre, a koja nikada ne treba da bude predviđiva. Proces pomoću kojeg se generiše nasumične informacije treba da bude dizajniran tako da ga ljudi ne mogu predvideti [3]. Klasični primeri koji se najčešće koriste su bacanje kockica za igru, mešanje karata ili generatori nasumičnih brojeva.

Postoji mnogo razloga zbog kojih se nasumičnost koristi u igrama. Nasumičnost se može koristiti kako bi se umanjio uticaj veštine igrača. Na taj način se omogućava igračima različitih nivoa veštine da igraju igru zajedno. Čak i kada partiju igraju igrači iste veštine, može se desiti da igra postane dosadna ukoliko jedan od igrača stekne veliku prednost u ranoj fazi igre. Nasumičnost pomaže da se u ovakvim situacijama zadrži tenzija. Nasumičnost u igri može da doda novu dimenziju u formiranju strategije. Ukoliko igra svaki put igraču nudi drugačiji problem i na raspolaganje mu stavlja drugačije alate kako bi taj problem rešio, igrač mora da nauči samu srž igre kako bi odigrao bolje bez obzira na situaciju u kojoj se nađe [4].

Prilikom dizajniranja igre, veoma je važno uzeti u obzir emocije igrača tokom trajanja i po završetku igre. U igri koja koristi nasumičnost igrač može da okrivi lošu sreću za poraz i da se zbog toga ne oseća toliko loše [4]. Sa druge strane, igrač može da odigra sve poteze savršeno, ali da ipak izgubi igru zbog loše sreće te da se zbog toga oseća prevareno. Takođe se može desiti da igrač pobeđi i da se zatim zapita da li je njegova veština odigrala ikakvu ulogu u toj pobeđi ili mu se samo posrećilo. To može da umanji vrednost igračevih dostignuća i njegovo uživanje u igri. Ovo je naročito važno u rouglajk igrama gde je čitava poenta da se igraju više puta i da igrač svaki put postaje bolji i bolji sve dok ne pređe igru. Previše nasumičnosti može da sakrije napredak koji igrač pravi sa svakim novim igranjem. Ukoliko igrač pomisli da je prešao igru samo zato što je imao sreće, to može potpuno da uništi njegov doživljaj igre. Zbog toga je u igrama veoma važno pažljivo odmeriti uticaj nasumičnosti na pojedine događaje i konačan ishod.

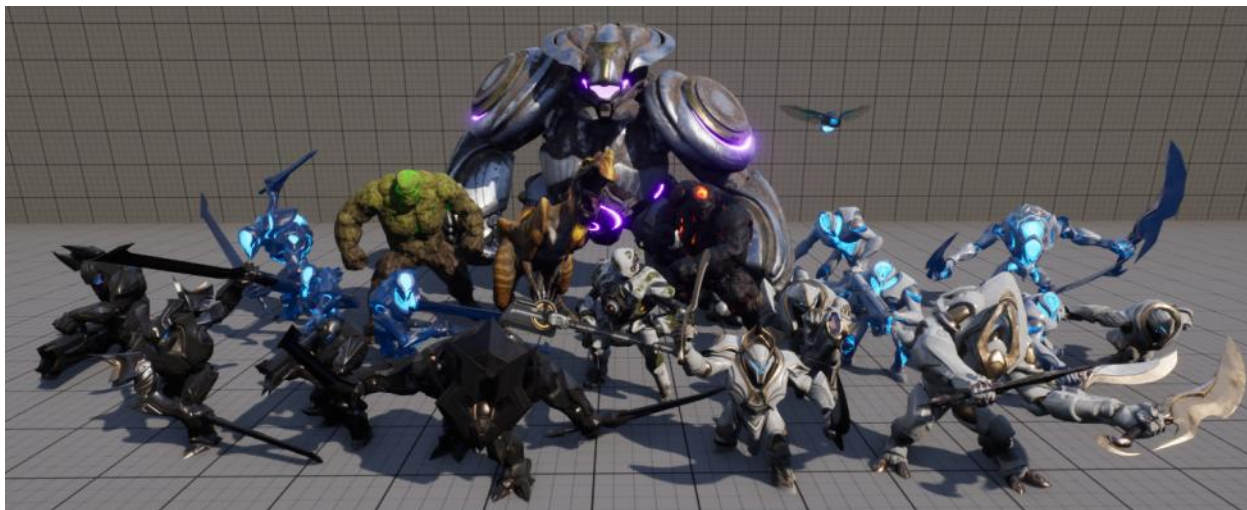
3. DIZAJN PROTOTIPA IGRE

Igra se sastoji iz pet nivoa. Svaki nivo predstavlja po jednu planetu koju igrač treba da istraži. Nivo počinje tako što igrač sleće na planetu. Igrač kontroliše robota koji na raspolaganju ima više različitih poteza koje može da upotrebi kako bi savladao neprijatelje. Karakter kog kontroliše igrač prikazan je na slici 1.

Oko igrača se konstantno pojavljuju nasumični neprijatelji koji ga napadaju. Neprijatelji imaju različite osobine kao što su broj životnih poena, brzina, šteta koju nanose igraču, itd. Samim tim se razlikuje i borba sa njima. Različiti neprijatelji sa kojima se igrač suočava u igri prikazani su na slici 2.



Slika 1. Prikaz karaktera kog kontroliše igra



Slika 2. Prikaz različitih neprijatelja

Igrač može da se bori sa neprijateljima ili može da izbegava njihove napade dok se kreće kroz nivo. Kada pobeđi neprijatelje, igrač dobija poene iskustva koji mu povećavaju nivo. Svaki nivo igraču povećava broj životnih poena i štetu koju nanosi protivnicima. Takođe, postoji određena šansa da pobeđeni neprijatelji ispuste nasumičan predmet. Predmeti daju igraču različite bonuse koji ga čine jačim. Ti bonusi mogu biti više životnih poena, veća šteta koju nanosi protivnicima, veća brzina kretanja i udaraca, dodatni skokovi, itd. Što više vremena igrač provede u igri, neprijatelji koji se pojavljuju takođe postaju sve jači. Zbog toga igrač mora da odluči kada je bolje da se suoči sa njima, a kada da ih zaobiđe. Uspeh u

borbi učiniće igrača jačim, ali će mu borba oduzeti određenu količinu vremena. U svakom trenutku igrač donosi odluku o svom sledećem potezu. Postoji mnoštvo faktora kao što su vrsta neprijatelja sa kojom se suočava, predmeti koje je trenutno sakupio, nivo na kom se trenutno nalazi, udaljenost od cilja, vreme koje je proveo u igri, itd. U svakom igranju igre ovi faktori su drugačiji i konstanto se menjaju. Kako bi prešao igru, igrač mora da nauči da analizira ove faktore i da donosi prave odluke. Ukoliko u borbi ne izbegne protivničke napade, igrač gubi životne poene. Uslov poraza je da igrač ostane bez životnih poena. Igra se tada završava i igrač mora da počne igru skroz od početka.



Slika 3. Varijacije rasporeda elemenata u nivou

Na svakom nivou su raspoređena tri manja cilja i jedan glavni cilj. Ciljevi se svaki put nasumično instanciraju samo na nekim od više predefinisanih lokacija. Na taj način se kreiraju varijacije u samoj postavci nivoa. Takođe, igrač zbog toga ne može unapred da zna gde se nalaze ciljevi kada igra igru više puta. Na slici 3 prikazane su varijacije u rasporedu elemenata u nivou.

Igrač prvo treba da pronađe manje ciljeve koji su u vidu manjih ruševina. Igrač treba da istražuje nivo i prati razne putokaze kako bi pronašao ove ciljeve. Igra daje igraču smernice kako bi mu u tome pomogla. U ruševinama se nalaze naprave koje igrač može da aktivira. Kada se aktivira, naprava oko sebe stvara providno polje sile sfernog oblika. Dok je naprava aktivna, neprijatelji se pojavljuju u većem broju. Igrač mora da ostane unutar sfernog polja i da se izbori sa neprijateljima kako bi se naprava napunila. Kada se naprava napuni, sferno polje

nestaje, a neprijatelji se ponovo pojavljuju normalnom frekvencijom. Igrač može ponovo da pride napravi i pokupi fragment kristala napunjen energijom.

Kada sakupi sva tri kristala iz manjih ruševina, igrač treba da pronađe veliku ruševinu u kojoj se nalazi drugačija naprava. U nju igrač treba da postavi tri pronađena kristala kako bi je aktivirao. Tada se pojavljuje glavni neprijatelj nivoa. Za razliku od drugih neprijatelja koje igrač može da izbegava, igrač mora da se bori sa glavnim neprijateljem kako bi prešao nivo. Nakon što igrač pobjedi glavnog neprijatelja, naprava se aktivira i počinje da odašilje svetlosni signal u nebo. Neprijatelji počinu da se pojavljuju u ogromnom broju. Igrač mora da preživi ove napade i stigne do lokacije za ekstrakciju. Uslov pobjede je da igrač bezbedno stigne do ove lokacije gde će ga pokupiti svemirski brod koji će ga odvesti na sledeću planetu, odnosno sledeći nivo igre.



Slika 4. Glavni cilj i neprijatelj u nivou

4. ZAKLJUČAK

Rezultat rada je prototip akcione roguelajk igre u kom su primenjene neke metode nasumičnog variranja sadržaja. Varijacije u sadržaju doprinose tome da igrači svako igranje doživljavaju drugačije. Od metoda primenjenih u prototipu, najveći efekat na gejملهj imali su nasumično generisani predmeti. Određene kombinacije predmeta drastično menjaju doživljaj igre i mogu da stvore utisak kao da je prilikom svakog igranja u pitanju potpuno druga igra. Primenjene metode instanciranja elemenata na različite pozicije imale su ograničen efekat po pitanju vizuelnih varijacija. Bolji rezultat bi se postigao korišćenjem veće količine sadržaja što bi doprinelo većem broju varijacija.

Implementirani prototip je samo osnova igre. Tokom implementacije fokus je bio na građenju stabilne osnove i isprobavanju više različitih metoda variranja sadržaja koje pre svega utiču na gejملهj. Kako igra ne bi brzo dosadila igračima, potrebno je dodati još mnogo novog sadržaja.

Ključan sledeći korak je detaljno testiranje svih delova igre. Prerano dodavanje novog sadržaja može maskirati potencijalne probleme u dizajnu koje će kasnije biti teže ispraviti. Da bi igra bila zabavna i pravedna potrebno je napraviti odgovarajući balans između svih elemenata igre kao što su težina, nagrade i sve metode koje dodaju

nasumične varijacije. Ovaj balans je ključan za dugoročan uspeh igre i njemu je potrebno posebno posvetiti pažnju u narednim fazama razvoja.

5. LITERATURA

- [1] N. Shaker, J. Togelius, and M. J. Nelson, „*Procedural Content Generation in Games*“, Springer, pp. 1-11, 2016.
- [2] <https://www.makeuseof.com/what-are-roguelike-and-roguelite-video-games/> (pristupljeno u septembru 2024.)
- [3] <https://www.gamedeveloper.com/design/randomness-and-game-design> (pristupljeno u septembru 2024.)
- [4] <https://www.gamedeveloper.com/design/design-101-the-role-of-randomness> (pristupljeno u septembru 2024.)

Kratka biografija:



Marko Pušac rođen je u Novom Sadu 1999. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarske grafike – Programski kontrolisana nasumičnost doživljaja iste putanje igre odbranio je 2024.god.

kontakt: marko.pusac.4444@gmail.com

МУЛТИДИСЦИПЛИНАРНА ЕДУКАТИВНА МОБИЛНА АР АПЛИКАЦИЈА ЗА ПРОСТОРНУ СИМУЛАЦИЈУ СУНЧЕВОГ СИСТЕМА У ГРАДУ НОВОМ САДУ**MULTIDISCIPLINARY EDUCATIONAL MOBILE AR APPLICATION FOR SPATIAL SIMULATION OF THE SOLAR SYSTEM IN THE CITY OF NOVI SAD**

Лана Дујмовић, Ана Перишић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – РАЧУНАРСКА ГРАФИКА

Кратак садржај – *Напредак технологије и рачунарске графике омогућава развој и појаву различитих техника приказа и симулације одређених појава у едукацији. Захваљујући томе отвара се могућност за нов наћин преношења градива и приближавање науке ћацима. Коришћењем уређаја који се савременим ученицима стално налази у њиховим рукама – телефон, они добијају увид у нова знања. У овом раду је описан концепт и креирање апликације за симулацију Сунчевог система, која има за циљ да помогне ћацима да перципирају реалан однос величине планета и међупланетарно растојање.*

Кључне речи: *Симулација, Сунчев систем, Проширена реалност, Едукација, Астрономија, АР Апликација*

Abstract – *Advances in technology and computer graphics enable the development and emergence of various display techniques and simulations of certain phenomena in education. Thanks to this, the possibility opens up a new way of conveying material and bringing science closer to students. By using the device that is constantly in the hands of modern students - the phone, they get an insight into new knowledge. This paper describes the concept and creation of an application for the simulation of the solar system, which aims to help students perceive the realistic relationship between the size of the planets and the interplanetary distance.*

Keywords: *Simulation, Solar System, Augmented reality, Education, Astrophysics, AR Application*

1. УВОД

За симулацију окружења раније су се користиле макете објеката, урбаних целина, машина и уређаја, данас се у исту сврху користе фото-реалистични рендери, виртуелна и проширена реалност и холограми. У великој мери косрите се рендер у реалном времену (*real time render*) као и АР и ВР симулације у циљу максималне имерсије потрошача у пројекат. Увођење проширене реалности у области астофизике је показало да корисници не само да су сматрали како је овакав начин приступа научној

области интересантнији од стандардног, већ и да лакше апсорбују информације него иначе [1][2].

Сунчев систем је систем огромних размера, обичном човеку може представити изазов да се из стандардне скале у којој живи пребаци на огромну скалу свемира. Како би се стекао утисак о просторној величини идеја је да корисник физички пређе од једног модела небеског тела до другог, где би ти модели били сразмерне величине том растојању.

У овом раду биће описана идеја и концепт као и сама израда апликације за приказ Сунчевог система на подручју града Новог Сада. Израда пројекта се састојала од адекватног прерачунавања и скалирања свемирских објеката и приближавање величине истих људским скалама. Затим су изабрана места у граду, таква да одговарају скалираним вредностима. Коришћењем *Unity* софтвера и погона за израду видео игара креирана је АР апликација која у зависности од учитаног маркера приказиваће одређену планету одговарајуће претходно скалиране вредности. На овај начин добија се адекватна симулација Сунчевог система на подручју града Новог Сада.

2. АКТУЕЛНО СТАЊЕ У ОБЛАСТИ

У табели 1 наведене су неке од најпознатијих симулација Сунчевог система и њихове визуелне карактеристике.

Све претходно приказане симулације представљају користан алат у едукацији. Симулације Сунчевог система које су представљене преко мобилних и десктоп апликација имају одличан визуелни приказ модела планета. За те верзије углавном постоји опција да се планете виде преко целог екрана и у реалним величинама.

Међутим како би човек стекао прави однос пропорција није довољно да види само 3Д приказ симулације. Шведски Сунчев систем представља прави пример симулације у простору, обухвата подручје целе Шведске.

3. ПРИЛАГОЂАВАЊЕ РАЗМЕРЕ

Од давнина човек покушава да пронађе адекватан начин да нешто премери и представи у дужинама које су му познате. Почевши прво од себе и својих пропорција, пример Витрувијевог човека којег је нацртао Леонардо да Винчи, човек креира и гради објекте који одговарају његовим пропорцијама, Ернст

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је била др Ана Перишић, ванр. проф.

Нојферт бележи основе, норме, прописе о мерама за зграде, просторије, опрему и уређаје, где је главно мерило и циљ у свему томе човек.

Табела 1. Приказ познатих симулација у свету

Симулација	Белешка
Сунчевог система <i>Solar System scope</i>	Реалистичан приказ Сунчевог система, неба и свемира у реалном времену. Садржи тачне позиције објеката и много интересантних чињеница. Постоји веб, десктопна и мобилна врзија апликације.
<i>Eyes on the Solar System</i>	Симулација Сунчевог система у реалном времену креирана од стране НАСА-е. Могућ је приказ беличине свемирских објеката у односу једне на друге.
<i>Sweden Solar System</i>	Представља највећи светски модел Сунчевог система. Тела која припадају овом систему су Сунце, планете (неки од њихових сателита), патуљасте планете и многе друге врсте мањих тела (комете, астероиди, идр.). Ова симулација сунчевог система има однос 1:20000000 према реалној величини.
<i>Celestia</i>	Представља фотореалистичну тродимензионалну симулацију Сунчевог система у реалном времену. Десктоп и мобилна апликација креирана тако да се корисник креће кроз простор уз помоћ контрола.

Једноставно навикли смо на скале у којима живимо, што представља један од изазова да се представи величина свемира [3][4].

Већина претходно споменутих симулација има управо тај проблем. Уколико се величина сваке планете прикаже преко малог екрана, тешко је перципирати прави однос величина тих објеката.

Такође, већина тих симулација занемараује прави однос величине планета и њихове удаљености, како би планете биле видљиве током симулације њиховог кретања.

Како би се представио однос величине и удаљености Сунца и Земље у човеку познатим попорцијама, Земља би била величина чиоде, док би Сунце било величине грејпфрута (пречник десет центиметара) на удаљености од скоро једанаест метара једно од другог.

У табели 2. приказане су реалне величине планета као и њихове раздаљине у односу на Сунце.

Табела 2. Приказ реалних величина објеката [5]

Тело	Маса M [10^{24} кг]	Полупречик R [км]	Растојање од Сунца d [АЈ]
Сунце	$2,00E + 05$	700000	0
Меркур	0,3	2439,5	0,39
Венера	4,9	6052	0,72
Земља	5,9	6378	1
Марс	0,6	3396	1,5
Јупитер	18,98	71492	5,2
Сатурн	5,68	60268	9,5
Уран	86,8	25559	19,2
Нептун	1,02	24764	30,1

Када се прочитају бројке у табели, тешко је замислити ту величину у простору. Међупланетарна растојања се представљају астрономским јединицом (АЈ), која представља меру удаљености Земље од Сунца и износи приближно 149600000км [6].

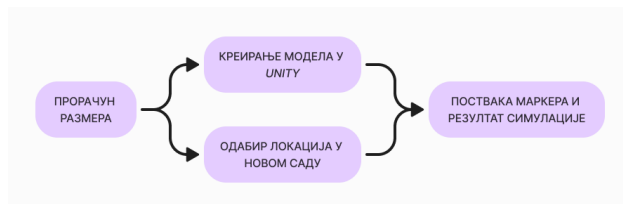
Како би цео Сунчев систем стао на подручју града Новог Сада потребно је адекватно га скалирати. У табели 3. приказане су величине експоната у односу 1000000 : 3,2.

Табела 3. Приказ скалираних вредности

Тело	Полупречик експоната R [cm]	Растојање експоната [m]
Сунце	218	0
Меркур	0,76	66,3
Венера	1,9	1224
Земља	2	170
Марс	1,06	255
Јупитер	22	884
Сатурн	18	1615
Уран	8	3264
Нептун	8	5117

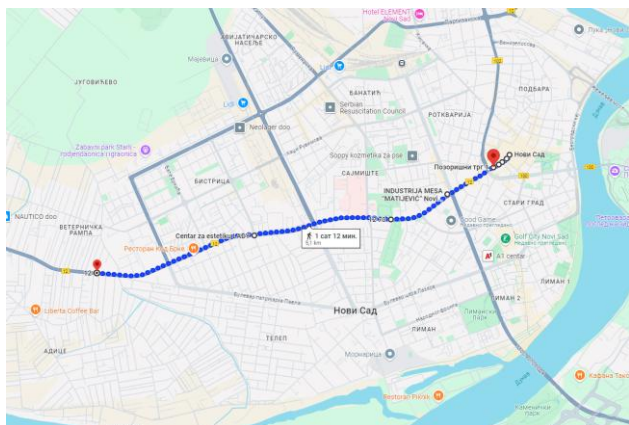
4. КОНЦЕПТ

Узимајући у обзир све наведене информације у оквиру претходна два поглавља и по угледу на актуелне трендове у образовању, направљен је концепт за израду АР апликације, који је приказан на слици 1.



Слика 1. Приказ концепта израде апликације

Креирана је путања на подручју града Новог Сада, дуж које ће се простирати симулација Сунчевог система, приказана на слици 2. Одабране су локације за планете, тако да одговарају претходно прорачунатим размерама, са Сунцем постављеним у Старом Граду. Гледано је да се изабере равна путања, како би корисници могли целу путању да пређу током једног дана [7].

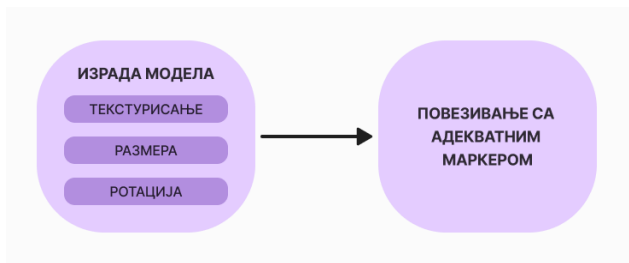


Слика 2. Приказ путање дуж које се простире симулација

5. КРЕИРАЊЕ ПРОТОТИПА

За креирање прототипа апликације коришћен је софтвер и погон за видео игре - *Unity*, који се показао као један од најбољих за креирање АР мобилних апликација. Библиотека *AR Foundation Samples*, која у себи садржи све основне могућности проширене реалности у софтверу је примењена као подлога. [8]

Сваки модел експоната је креиран на идентичан начин. Креиран је актор сферног облика, на који је додата адекватна текстура и који је адекватно скалиран тако да одговара претходно израчунатој скали (Табела 3). Креирана је функција за ротацију и додата. Након креирања по актора за сваку планету, сваком од њих је задат другачији маркер. У зависности од тога који је маркер скениран та планета ће се приказати у оквиру апликације.



Слика 3. Шематски приказ поступка креирања једног модела

На слици 4 је приказан финални изглед прототипа, приказана су два различита модела која се приказују у зависности од маркера за који су повезани.



Слика 4. Финални изглед експоната

6. ЗАКЉУЧАК

Симулације у комбинацији са проширеном реалношћу су се показале врло ефективно у едукацији и поједностављивању иначе тешко разумљивих концепата. Просечном човеку је изазовно да изађе из скале у којој свакодневно живи и постави у скалу огромних размера као што је Свемир. Ова симулација тежи управо то да превазиђе.

Могуће надоградње система су додавање још свемирских објеката као што су сателити планета, комете, као и могућност да се унесе произвољна удаљеност растојања експоната Сунца и Земље, на основу којег би се прорачунала сразмерна удаљеност осталих планета у циљу димензионих варијација просторних симулација.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] др А. Перишић, „Симулације у инжењерској анимацији“, 2021
- [2] Kersting, M., Steier, R., & Venville, G. (2020). „Exploring participant engagement during an astrophysics virtual reality experience at a science festival“, *International Journal of Science Education*, 2020, <https://doi.org/10.1080/21548455.2020.1857458> (приступљено 10.9.2024)
- [3] Bambach, Carmen C. (2019a). *Leonardo da Vinci Rediscovered. Vol. 2, The Maturing of a Genius: 1485–1506*. New Haven: Yale University Press.
- [4] Ернст Нојферт, „Архитектонско пројектовање“ (2023)
- [5] Dr. David R. Williams, „Planetary Fact Sheet – Metric“, *NASA Goddard Space Flight Center, Last Updated: 22 March 2024*, <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/> (приступљено 27.8.2024)
- [6] https://sr.wikipedia.org/sr/Астрономска_јединица (приступљено 27.8.2024)
- [7] <https://www.youtube.com/watch?v=XmE-sPicIuw> (приступљено 28.8.2024)
- [8] <https://github.com/Unity-Technologies/arfoundation-samples/tree/main> (приступљено 26.8.2024)

Кратка биографија:



Лана Дујмовић је рођена у Новом Саду 2000. године, где је паралелно завршила Гимназију „Јован Јовановић Змај“ и Средњу Музичку Школу „Исидор Бајић“. Основне академске студије Анимација у инжењерству на Факултету техничких наука је завршила 2023.



Др Ана Перишић, ванредни професор, рођена у Новом Саду. Године 2009. дипломирала на Факултету техничких наука, на Департману за архитектуру и урбанизам 2009. године. Докторат је одбранила 2016. године на тему примене рачунарске графике у симулацијама и параметарској анализи перформанси у дизајну и пројектовању.

**UPOTREBA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA METRIKU FIZIČKE SPREME
SUBJEKTA****APPLICATION OF MACHINE LEARNING FOR MEASURING OF THE SUBJECT
FITNESS**

Daria Varga, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – RAČUNARSKA GRAFIKA

Kratak sadržaj – Rad se bavi kreiranjem sistema koji za cilj ima da na osnovu metoda mašinskog učenja proceni određene aspekte fizičke i kognitivne spremnosti subjekta. U te svrhe takođe se bavi proučavanjem postojećih metoda za detekciju pokreta čoveka i odgovarajućih programskih jezika i alata. Proučen je adekvatan način procene nivoa svesti i pažnje subjekta, kao i visine skoka u vis, i izvršena je implementacija objedinjenog sistema sa posebnom pažnjom na jednostavnosti korišćenja i održavanja potrebnih resursa na minimumu.

Ključne reči: mašinsko učenje, kompjuterska vizija, računarska grafika

Abstract – The aim of this thesis was to create a system which is capable of estimating the subject's physical and cognitive fitness based on machine learning. Studying existing systems for motion capture and programming languages and tools that this system would require was also necessary. An adequate method for estimating the subject's awareness and alertness, along with vertical jump height, was researched and implemented within a self-contained system, paying close attention to ease-of-use and keeping the necessary resources at a minimum.

Keywords: machine learning, computer vision, computer graphics

1. UVOD

Proces procene fizičke sprema subjekta često zahteva određenu količinu opreme koja je u mogućnosti izvesti ovaj zadatak precizno. Ova oprema može biti skupa i nepristupačna za potrebe rutinskog testiranja aspekata kao što su nivo svesti i pažnje subjekta i visina skoka subjekta. Za merenje visine skoka najpouzdanija metoda je upotrebom sistema za detekciju pokreta i platforma koja meri silu. Takođe postoje i aplikacije koje ovo mogu postići koristeći mobilni telefon, ali su zatvorenog tipa [1]. Cilj ovog rada podrazumeva kreiranje sistema otvorenog tipa koji će biti u mogućnosti da oba ova aspekta proceni koristeći što manje opreme i da rezultate korisniku dostavi odmah, sa mogućnosti daljih nadogradnji za specifične potrebe.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila vanr. prof. dr Lidija Krstanović.

Razvoj softvera koji će ovakvu automatizaciju primeniti podrazumevalo je potrebu za adekvatnim načinom akvizicije potrebnih podataka, ovde za procenu nivoa svesti i pažnje subjekta putem vremena potrebnog da subjekt odreaguje na zahtev, u daljem tekstu vreme reakcije, i merenja visine skoka subjekta. Pri razmatranju metoda, javlja se korišćenje neke vrste senzora za beleženje potrebnih podataka. Bilo bi moguće postaviti senzor na poziciju odgovarajuću za merenje pozicije subjekta, čime bi se moglo izmeriti i vreme reakcije i visina skoka, ali to zahteva potrebu za nabavkom nove tehnologije i osoblja koje će biti obučeno da njom upravlja.

Pri fokusiranju na minimizovanje potrebnih resursa, dolazi se do zaključka da je najpristupačniji senzor, pristup kojem ljudi koji su ciljni korisnici proizvoda ovog rada u većini slučajeva već imaju, senzor kamere. Ukoliko nemaju pristup, kamere su ipak pristupačniji izbor od ostalih sistema sa senzorima. Zbog ovoga, izbor senzora za ovaj rad je postao očigledan. Koristeći samo jednu kameru i rešenje za estimaciju poze tela čoveka, u ovom slučaju MediaPipe kompanije Google, moguće je izmeriti vreme reakcije i visinu skoka subjekta. Zahtev koji subjekt treba da ispuni za procenu vremena reakcije idejno se oslanja na jedan od testova koje Tilman Dingler koristi u radu [2] i, kao test za merenje visine skoka, u ovom radu se izvodi korišćenjem kompjuterske vizije.

2. SISTEMI ZA DETEKCIJU POKRETA**2.1 Uvod**

Neophodno za ovaj rad bilo je korišćenje sistema za detekciju pokreta u svrhu merenja pomeraja određenih delova tela subjekta. Konkretno, ovde je korišćen optički sistem, a pregled nekih od ostalih vrsta sistema biće dat u ostatku ovog poglavlja. Takođe postoji i potpodela optičkih sistema, gde se nalaze sistemi koji upotrebljavaju markere i sistemi bez markera. Za potrebe ovog rada odabran je sistem bez markera zbog svoje pristupačnosti i jednostavnosti korišćenja, uprkos manjoj preciznosti od drugih vrsta sistema.

Savremeni sistemi za detekciju pokreta se većinski zasnivaju na dubokom učenju, od kojih je MediaPipe biblioteka odabrana za svrhe ovog rada. Pre širenja upotrebe dubokog učenja koja se može primetiti danas, postojali su klasični pristupi, kao što su Pictorial Structures Model, Flexible Mixture-of Parts, kao i

pristupi zasnovani na ivicama, histogramima boja, konturama i histogramima orijentisanih gradijenata. Takođe su postojali i znatno jednostavniji pristupi, nalik razlici između dva frejma, ali je niska preciznost svih ovih principa uzrokovala da se u daljem razvoju fokus prebaci na duboko učenje [3].

Pored navedenih, postoje i sistemi koji koriste markere, o kojima će biti više reči dalje.

2.2 Istorija sistema za detekciju pokreta

Prva preteča savremenih sistema za detekciju pokreta javlja se iz potrebe da se pokret živih bića zabeleži i analizira, u vidu rotoskopije. Za pionira ove tehnike smatra se Maks Flajšer, koji je sa ciljem primene ljudskog pokreta na animiranog karaktera kreirao rotoskop 1915. godine. Beleženje pokreta ovde podrazumeva projekciju slike na papir i njeno ručno precrtavanje. Ova tehnika je ostala u upotrebi do danas u formi unapređenoj putem kompjuterskog softvera.

Jedan od prvih sistema za detekciju pokreta nastao je u šezdesetim godinama 20. veka. Li Harison III je smislio sistem koji beleži pokret koristeći potencijometre ugrađene u odelo, koji se zatim prikazivao na CRT (eng. *Cathode Ray Tube*) monitoru pod imenom *Bone Generator*, kasnije *Animac*. Njegova mogućnost da prikaže kompleksne 3D (trodimenzionalne) animacije bez potrebe za CPU-om (eng. *Central Processing Unit*) čini ga znatnim napretkom, iako nije bio korišćen u komercijalne svrhe [4].

U osamdesetim godinama 20. veka, ubrzo nakon *Animac*-a, profesor i istraživač Tom Kalvert je kreirao prvi mehanički sistem detekcije pokreta. Sastojao se od armature i potencijometara na kolenima, beležeći njihovo savijanje, sa ciljem da izmeri i dokumentuje abnormalnosti u pokretu u medicinske svrhe. Sistemi ovog tipa sa minimalnim izmenama se koriste i danas. Ovaj sistem prikazan je na slici 1.

1983. godine Del Rej Maksvel i Kerol Ginsberg su predstavili prvi optički sistem, pod imenom *Graphical Marionette*. Koristio je LED (eng. *Light-Emitting Diode*) lampice koje su emitovale infracrveno zračenje i kamere koje su to zračenje beležile, oslanjajući se na sistem pod imenom *Op-Eye*. Pozicija LED lampica u prostoru određivana je triangulacijom, koristeći podatke sa kamera o subjektu koji se nalazio u preseku njihovih vidnih polja. Rezultat je prikazivan putem prostog prikaza figure čoveka, gde su delovi tela predstavljeni linijama. Ovaj sistem predstavlja prvi optički sistem koji koristi markere u vidu LED lampica, a savremeni sistemi i dalje funkcionišu na isti način. Ipak, sposobnosti kompjutera u vreme kreiranja ovog sistema nisu bile adekvatne, pa optički sistemi nisu našli primenu do mnogo kasnije.

Još jedan mehanički sistem kreiran je osamdesetih godina od strane *Jim Hesnons Productions* pod imenom *Waldo C. Graphic*. Osmišljena je lutka kojom upravlja glumac čiji pokreti su u realnom vremenu prenošeni na karaktera, smatrajući da je neophodna interakcija sa digitalnim karakterom u realnom vremenu da bi spontana komedija bila moguća. Model karaktera koji se mogao pomerati u

realnom vremenu bio je niže rezolucije od finalnog proizvoda, koji bi se nakon snimanja ponovo renderovao u višoj rezoluciji. Ovo je prvi sistem koji je korišćen za animaciju karaktera, gde su svi prethodnici razvijani u istraživačke svrhe.

2.3 Vrste sistema za detekciju pokreta

Nakon što su prethodno navedeni uspesi otvorili vrata, ovo polje nastavlja da se razvija i u smeru detekcije pokreta lica, upotrebljavajući optičke sisteme [5]. Nastaju pet glavnih kategorija sistema za detekciju pokreta:

- Mehanički,
- Magnetni,
- Akustički,
- Inercijalni i
- Optički sistemi.

Mehanički sistemi ostaju pretežno nepromenjeni od prvog rešenja, ali nisu često u upotrebi u današnje vreme. Problemi na koje ovaj tip sistema nailazi pri merenju globalnih translacionih pokreta i kompleksnosti pri njegovom održavanju uzrokuju njegovu nepopularnost, uprkos relativno niskim cenama i malom kašnjenju pri praćenju subjekta.

Magnetni sistemi, poreklom iz vojne industrije, nastali su od senzora koji su se koristili u vojnim avionima koji su bili korišćeni za praćenje pozicije i orijentacije glave pilota. Koristi 12 do 20 senzora pozicioniranih na subjektu, magnetni transmitter i stanicu za akviziciju i procesiranje podataka. Postoje dve podvrste ove vrste sistema, jedna, koja koristi naizmeničnu struju za elektromagnetno polje i druga, koja koristi jednosmernu, ali obe imaju značajan problem sa interferencijom, što često rezultuje u izobličenju izlaznog signala. Kada je interferencija minimalna, manjak potrebe za dodatnom obradom izlaznih podataka ih čini pogodnim za primenu u realnom vremenu [7].

Akustični sistemi koriste zvučne transmiere postavljene na ključne tačke na telu subjekta i tri receptora, gde emiteri proizvode karakteristične frekvencije, koje receptori primaju i koriste za proračun pozicije emitera u 3D prostoru. Rekonstrukcija pozicije u 3D prostoru vrši se koristeći vremenski interval od početka emitovanja zvuka do njegove detekcije, zajedno sa poznatom brzinom zvuka u prostoriji. Ova vrsta sistema osetljiva je na refleksije zvuka i buku [8].

Inercijalni sistemi kombinuju više elemenata u okviru *Inertial Measurement Unit*-a. U pitanju je kombinacija žiroskopa, magnetometra, akcelerometra i drugih senzora, koji pozu subjekta određuju kombinacijom rezultata senzora sa biomehaničkim modelom. Moguće je koristiti ih u raznim okruženjima, kao i u realnom vremenu. Primer ove vrste sistema predstavlja *Xsens* kompanije *Movella* [9].

Optički sistemi, kao što je već pomenuto pri opisu *Graphical Marionette* sistema, koriste kamere koje prate određene tačke subjekta koje se nalaze u njihovom zajedničkom vidnom polju, koje zatim rekonstruišu u 3D prostoru. Zbog svoje potrebe za kamerama visoke rezolucije i specijalizovanim softverom, ovi sistemi su u glavnom među najskupljima i najnepristupačnijima. Postoje dve podvrste, sistemi koji koriste markeri i

sistemi bez markera. Sistemi koji koriste markere zahtevaju veliki broj kamera (6 do 32), zajedno sa markerima koji se postavljaju na subjeka i prate. Markeri mogu biti aktivni (LED lampice) i pasivni (refleksivni materijal koji odbija svetlost koju emituju kamere). Najveći problemi ovom sistemu predstavljaju refleksija i okluzija, usled kojih se pokret ne može precizno rekonstruisati [8].

Sistemi bez markera umesto fizičkih markera koriste kompjutersku viziju da odrede ključne tačke na subjeku koje treba pratiti, čineći njegove glavne limitacije karakteristike kamera koje se koriste i one koje nameće softver. Savremeni sistemi ovog tipa koriste mašinsko učenje za estimaciju poze subjekta i praćenje pokreta. Ovi sistemi mogu se dodatno podeliti na osnovu principa koji koriste za estimaciju pokreta:

- Oni koji koriste modele ljudskog tela (generativni) i oni koji ih ne koriste (diskriminativni),
- *Top-down* i *bottom-up*,
- Zasnovani na regresiji i zasnovani na detekciji i
- Sa jednom fazom i sa više faza.

Razlikuju se i po setovima podataka koji su korišćeni za obučavanje neuronske mreže, koji su brojni [10]. Trenutno najkorišćeniji sistemi bez markera zasnovani na mašinskom učenju su *MediaPipe*, *YOLOv8* i *OpenPose*, od kojih je za ovaj rad odabran *MediaPipe*.

2.4 MediaPipe

MediaPipe, razvijen od strane Google-a, je optički sistem za detekciju pokreta bez markera zasnovan na mašinskom učenju sa ciljem pojednostavljenja korišćenja mašinskog učenja u svrhe obrade vizuelnih podataka. U većini slučajeva, ulaz u sistem će biti vizuelni podaci (slika ili video), a izlaz rezultujući detektovani objekti, kao što je slučaj u ovom radu, ali ovaj sistem takođe omogućava izmene u delovima svog funkcionisanja. Omogućena je ručna definicija komponenta sistema, dozvoljavajući veću kontrolu nad tokom i obradom podataka, kao i poboljšanje performansi na različitim platformama. Sistem se sastoji iz tri dela:

- Deo za inferenciju iz vizuelnih podataka,
- Alati za evaluaciju performanse i
- Kolekcija komponenti za inferenciju i obradu podataka [11].

Srž sistema zasniva se na konvolucionoj neuronskoj mreži sličnoj *MobileNetV2* i optimizovan je za upotrebu u realnom vremenu. Metodu koji ovaj sistem koristi za estimaciju poze zasniva se na *GHUM* arhitekturi sistema, koja rekonstruiše model tela koristeći vizuelne podatke, što *MediaPipe* svrstava u generativne sisteme [12].

Ukoliko ne postoji potreba za izmenama načina funkcionisanja sistema, Google nudi više gotovih rešenja, koja omogućavaju veću lakoću korišćenja. Za potrebe ovog rada, korišćeno je rešenje za detekciju poze tela, koje prati 33 ključnih tačaka na telu i vraća njihove normalizovane koordinate, kao i njihove koordinate u 3D prostoru.

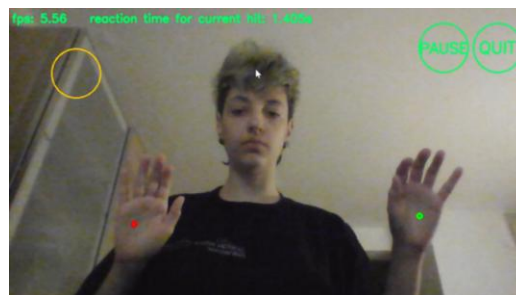
Kao što je prethodno navedeno, *MediaPipe* nije jedini sistem bez markera koji se zasniva na mašinskom učenju. Za ovaj rad razmotren je i *OpenPose* sistem, ali se

njegove karakteristike nisu pokazale zadovoljavajućim. Razlika koja je bila najznačajnija bila je činjenica da *OpenPose* zahteva *NVIDIA* grafičku karticu sa bar 1,5 GB (gigabajta) slobodne memorije da bi radio maksimalnom brzinom. Njegovo pokretanje koristeći samo CPU je moguće, ali se u takvim uslovima pokazao sporiji od *MediaPipe-a*, zbog čega je na kraju odlučeno da se ne iskoristi.

3. IMPLEMENTACIJA

3.1 Vežba za procenu nivoa svesti i pažnje subjekta

Vežba (u kodu i daljem tekstu "test") za procenu nivoa svesti i pažnje subjekta zahteva od subjekta da pozicionira centar svojih dlanova u okvir meta kružnog oblika (u daljem tekstu "pogađanje mete") koje se nasumično pojavljuju na ekranu. Vreme koje je subjeku potrebno da ispuni ovaj zadatak se meri i prikazuje posle svakog pogotka, a prosečno vreme potrebno za pogodak mete se prikazuje na kraju testa.



Slika 2. Prikaz u toku trajanja testa nivoa svesti i pažnje

Pri započinjanju testa, nakon potrebne obrade frejma koji se uzima sa kamere u realnom vremenu, određuje se centar dlana subjekta. Koristeći tri *MediaPipe* ključne tačke sa šake, računa se njihov prosek. Ova tačka se koristi za kontrolu toka testa i ispunjavanje samog zadatka u okviru testa.

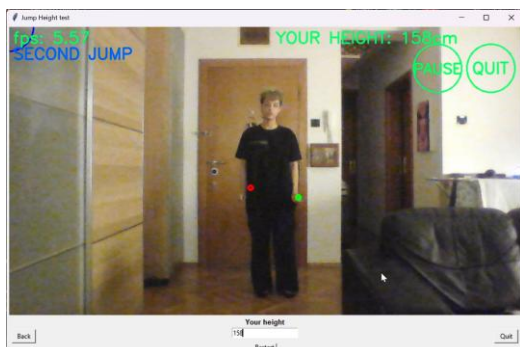
U toku testa se na ekranu uzastopno pojavljuju mete koje su postavljene na nasumične pozicije u okviru frejma koje korisnik ima za zadatak da pogodi centrom bilo kojeg od dlanova. Pri pogotku svake mete generiše se pozicija sledeće mete i izvršava se merenje vremena koje je subjeku bilo potrebno da ovaj zadatak izvrši. Generisanje nove pozicije mete ograničeno je tako da meta celom svojom površinom stane u okvir frejma, kao i da se nova meta ne pojavi previše blizu prethodne.

Pogodak mete podrazumeva proveru pozicije centra dlana, gde se pogotkom smatra slučaj u kom se centar dlana nalazi u okviru kvadrata koji opisuje metu kružnog oblika. Pri pogotku beleži se njegov vremenski trenutak i vreme potrebno da subjekt pogodi metu se računa kao vreme proteklo od tog trenutka do trenutka pogotka prethodne mete. Vreme potrebno za pogodak svake mete prikazuje se u toku testa, a prosečno vreme potrebno za pogodak na kraju testa.

3.2 Vežba za merenje visine skoka

Vežba (u kodu i daljem tekstu "test") za merenje visine skoka subjekta od njega zahteva da se udalji od kamere tako da mu je celo telo u okviru frejma i da u okviru vremenskog ograničenja od 3 sekunde po skoku izvede tri pravilna skoka u vis. Pri ovom testu meri se visina skoka

koristeći koordinate ključnih tačaka na telu detektovanih od strane *MediaPipe*-a. Proračunom pomeraja određenih ključnih tačaka po y-osi nakon što subjekt prestane da se pomera po horizontalnoj ravni dobija se visina skoka.



Slika 3. Prikaz u toku trajanja testa visine skoka

Srž testa sadrži se u proračunu realne visine skoka koristeći kao referentnu vrednost visinu subjekta. Upotrebljena je ova metoda u cilju održavanja potreba za resursima na minimumu, tj. Izbegnuto je upotrebljavanje skupe opreme za merenje skoka, kao i više od jedne video kamere. Za ovu metodu dovoljna je samo jedna kamera i prisustvo nekog referentnog objekta u okviru frejma čije su dimenzije i pozicija poznate. Za ovo je odabrana visina subjekta, koja je ili poznata, ili se može brzo i lako izmeriti.

Pored realne visine subjekta, takođe je moguće doći i do informacije o visini subjekta u pikselima u okviru frejma, kao i visini izvedenog skoka u pikselima. Visinu subjekta u pikselima moguće je izmeriti kao distancu između odgovarajućih ključnih tačaka *MediaPipe*-a, a visinu skoka kao razliku između najviše i najniže pozicije tačke pete subjekta u toku 3 sekunde koje su subjektu dozvoljene za izvođenje skoka.

Realna visina skoka se dalje računa jednostavnom proporcijom koristeći realnu visinu subjekta, visinu subjekta u pikselima i visinu skoka u pikselima. Nakon ponavljanja ovog procesa tri puta, na kraju testa prikazuju se visine tri izvedena skoka, kao i njihova prosečna visina.

4. ZAKLJUČAK

Glavna prednost ovog rešenja je njegova pristupačnost. Jedan od ciljeva rada bio je kreiranje niskobudžetnog sistema, što je postignuto eliminisanjem potrebe za dodatnom opremom, kao što su dodatne kamere, senzori, i grafičke kartice. Kreiran sistem sve potrebne zadatke vrši koristeći samo CPU i jednu kameru.

Među daljim mogućim unapređenjima nalazi se unapređenje grafičkog korisničkog interfejsa, gde se osnovni interfejs ovde kreirano može unaprediti kako na polju estetike, tako i na polju interakcije čoveka i mašine. Takođe, moguće je implementirati način da se testira više subjekata uzastopno, zajedno sa olakšanjem dalje obrade tih podataka putem baze podataka. Objektivnim metrikama ovog rada može se pridružiti i subjektivna metrika fizičke i kognitivne spremne subjekta u vidu upitnika.

5. LITERATURA

- [1] V. Rago, J. Brito, P. Figueiredo, T. Carvalho, T. Fernandes, P. Fonseca, A. Rebelo, *Countermovement Jump Analysis Using Different Portable Devices: Implications for Field Testing, Sports*, vol. 6,3 91, 2018
- [2] T. Dingler, A. Schmidt, T. Machulla, *Building Cognition-Aware Systems: A Mobile Toolkit for Extracting Time-of-Day Fluctuations of Cognitive Performance*, *Proceedings of the ACM on Interactive Mobile Wearable and Ubiquitous Technologies*, 2017
- [3] R. Josyula, A review on human pose estimation, *arXiv preprint arXiv:2110.06877*, 2021
- [4] W. Funk, *Animac: Analog 3D Animation*, *Veritas et Visus*, 2010
- [5] T. Baker, *The History of Motion Capture Within The Entertainment Industry*, *Metropolia University of Applied Sciences*, Helsinki, 2020
- [6] <https://lamho.wordpress.com/51-2/> (pristupljeno u septembru 2024.)
- [7] <http://web.mit.edu/comm-forum/legacy/papers/furniss.html> (pristupljeno u septembru 2024.)
- [8] P.A. Nogueira, *Motion Capture Fundamentals A Critical and Comparative Analysis on Real-World Applications*, *Faculty of Engineering of the University of Porto*, 2012
- [9] M. Kok, J. D. Hol, T. B. Schön, *An optimization-based approach to human body motion capture using inertial sensors*, *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 47, Issue 3, Pages 79-85, 2014
- [10] Y. Chen, Y. Tian, M. He, *Monocular human pose estimation: A survey of deep learning-based methods*, *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 192, 2020
- [11] C. Lugaesi, J. Tang, H. Nash, C. McClanahan, E. Uboweja, M. Hays, F. Zhang, C. L. Chang, M. G. Yong, J. Lee, W. T. Chang, W. Hua, M. Georg, M. Grundmann, *Mediapipe: A framework for perceiving and processing reality*, *Third workshop on computer vision for AR/VR at IEEE computer vision and pattern recognition (CVPR)*, vol. 2019, 2019
- [12] V. Bazarevsky, I. Grishchenko, K. Raveendran, T. Zhu, F. Zhang, M. Grundmann, *BlazePose: On-device Real-time Body Pose tracking*, *ArXiv abs/2006.10204*, 2020

Kratka biografija:

Daria Varga rođena je u Novom Sadu 20.01.2001. godine. Završila je gimnaziju Jovan Jovanović Zmaj u rodnom gradu, nakon čega je upisala Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, studentski program Animacija u inženjerstvu. Diplomirala je 2023. godine i upisala master akademske studije istog programa.

UPOTREBA METODA KOMPJUTERSKE VIZIJE ZA POTREBE KONTROLE KORISNIČKOG INTERFEJSA INTERAKTIVNOG SOFTVERA**USE OF COMPUTER VISION METHODS FOR USER INTERFACE CONTROL OF INTERACTIVE SOFTWARE**

Danijela Milekić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – RAČUNARSKA GRAFIKA

Kratak sadržaj – Ovaj rad istražuje primenu kompjuterske vizije za kontrolu korisničkog interfejsa, tačnije ulaznih uređaja računara, i upravljanje igrom kreiranom u okviru programa Unreal Engine. Za ove svrhe korišćeni su Python programski jezik, MediaPipe i PyAutoGUI biblioteke. Kontrole korisničkog interfejsa pomoću metoda kompjuterske vizije su kreirane tako da se sprovode u realnom vremenu ostvarivanjem komunikacije između Python skripte i ovog programa.

Ključne reči: kompjuterska vizija, Python programski jezik, MediaPipe, PyAutoGUI, Unreal Engine

Abstract – This paper investigates the application of computer vision to control the user interface, more precisely the input devices of the computer, and the management of the game created within the program Unreal Engine. Python programming language, MediaPipe and PyAutoGUI libraries were used for these purposes. User interface controls using computer vision methods are designed to be implemented in real time by communicating between a Python script and this program.

Keywords: computer vision, Python programming language, MediaPipe, PyAutoGUI, Unreal Engine

1. UVOD

Kompjuterska vizija je naučna disciplina koja za cilj ima omogućavanje računarskog razumevanja slika i videa u svrhu automatizacije ljudskog vizuelnog sistema. Zadaci kompjuterske vizije ogledaju se u stvaranju, obradi i analizi slika i videa, tačnije u ekstrahovanju informacija iz realnog sveta i kreiranju numeričkih ili simboličkih podataka. Kompjuterska vizija se primenjuje između ostalog za automatsku detekciju objekata i događaja, rekonstrukciju prostora ili slika. Za te potrebe se često pored osnovnih metoda kompjuterske vizije koriste i metode mašinskog učenja, geometrije [1].

U okviru rada metode mašinskog učenja i kompjuterske vizije se koriste za detekciju položaja šake, ispitivanje da li je u pitanju leva ili desna šaka i za registrovanje treptaja sve u svrhu generisanja komandi na osnovu ovih podataka.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila prof. dr Lidija Krstanović.

2. TEORIJSKA OSNOVA**2.1 Python programski jezik**

Python je programski jezik opšte namene koji podržava imperativni, objektno-orijentisan i funkcionalni stil programiranja. Njegova sintaksa omogućava pisanje veoma preglednih programa. Programi napisani u ovom jeziku se interpretiraju. Interpretator je program koji izvršava kod u nekom skript programskom jeziku. Uz njega se pri korišćenju Python programskog jezika obično isporučuje i veoma razvijen ekosistem standardnih modula. Python je moguće i kompajlirati u mašinske instrukcije, ali se ovo retko čini kako bi se omogućilo izvršavanje na različitim platformama istog koda. Glavne podržane platforme su Linux, BSD, Mac OS X i Microsoft Windows. Nakon sticanja velike popularnosti u izgradnju jezika uključuje se veliki broj ljudi. Danas sva autorska prava drži neprofitna organizacija Python Software Foundation (PSF) i ovaj programski jezik može besplatno da se koristi u bilo koje svrhe [2].

Ideja o kreiranju Python programskog jezika datira još iz 80 - ih godina 20. veka. Njegovu implementaciju započeo je Gvido van Rosum (hol. Guido van Rossum), holandski programer, u Nacionalnom istraživačkom institutu za matematiku i računarstvo u Holandiji. Autor je radio na kreiranju programskog jezika ABC, što je značajno uticalo na razvoj Python programskog jezika. Samim tim Python se smatra naslednikom ovog programskog jezika [3].

2.2 PyAutoGUI biblioteka

PyAutoGUI je višepatformska Python biblioteka ili modul koji omogućava korisnicima da kreiraju skripte koje imaju sposobnost da simuliraju pokrete miša, kliknu na objekte, šalju tekst i koriste prečice. Jednostavan je za korišćenje i lako se integriše u već kreirane Python projekte. Dostupan je široj publici, od početnika do programerskih stručnjaka. Nije ograničen na određeni slučaj upotrebe, te će bez problema moći da bude iskorišćen u svrhe automatizacije unosa podataka, kao i testiranja grafičkog korisničkog interfejsa ili jednostavnijih zadataka poput snimanja ekrana.

Glavne karakteristike i mogućnosti ovog modula jesu:

- pomeranje miša i kliktanje na prozore drugih aplikacija,
- slanje informacija o pritisku na tastere aplikacijama (na primer, za popunjavanje obrazaca),
- pravljenje snimka ekrana i dobijanje slike (na primer, dugmeta ili polja za potvrdu) i pronalaženje pomenutog na ekranu,

- lociranje i modifikacija prozora aplikacije, u vidu pomeranja, promene veličine, otvaranja i zatvaranja (trenutno podržano samo za *Windows* platformu),
- prikazivanje upozorenja i poruka [4].

Interesantan način da se potencijalnim korisnicima približi šta je to što *PyAutoGUI* omogućava jeste jednačina:

$$Py + Rat + Keyboard = PyAutoGUI$$

Sabirci u okviru ove jednačine svoj doprinos krajnjem zbiru daju u vidu svojih uloga. Uloge članova jednačine su redom:

- *Py* označava Python. Python je programski jezik koji se koristi za različite zadatke automatizacije i skriptovanja.
- *Rat* je referenca na kompjuterskog miša,
- dok se *Keyboard* odnosi na tastaturu, uobičajen ulazni uređaj za računare.
- *PyAutoGUI* je biblioteka koja kombinuje ove elemente [5].

2.3 MediaPipe biblioteka

MediaPipe Solutions jeste paket biblioteka i alata za brzu primenu tehnika veštačke inteligencije (AI) i mašinskog učenja (ML) u projektima, kreiran od strane kompanije *Google*. Ova rešenja korisnici mogu koristiti u svojim aplikacijama, kao i na više razvojnih platformi. *MediaPipe Solutions* je deo *MediaPipe* projekta otvorenog koda, te je moguće uređivanje koda i prilagođavanje različitim potrebama [6]. Svoju primenu *MediaPipe* biblioteke i modeli pronalaze u kompjuterskoj viziji, tačnije u radu sa video zapisima i slikama.

Razvijanje *MediaPipe* - a vezuje se za rane 2010. kada je *Google* radio na poboljšanju mašinskog učenja i kompjuterske vizije. Prvi put je korišćen 2012. godine u svrhe analize video i audio zapisa u realnom vremenu u okviru aplikacije *YouTube*. U godinama koje su sledile *MediaPipe* je rešavao probleme koji su nastajali u skladu sa razvojem tehnologija i različitim potrebama korisnika. U 2018. godini omogućeno je korišćenje složenih modela kompjuterske vizije na uređajima poput pametnih telefona i slabijih računara. Dok se u naredne dve godine povećala potreba za bržim i efikasnijim načinom obrade multimedije, te je *MediaPipe* ažuriran u svrhu poboljšanja efikasnosti. Danas on predstavlja moćan paket koji programeri koriste kada žele da kreiraju inovativne multimedijalne aplikacije, koje dobro funkcionišu sa što manjom potrebom za što jačim računarom.

2.4 Unreal Engine

Unreal Engine je platforma za igre visokih performansi koja je dizajnirana da proizvodi rendere u realnom vremenu. Sistem renderovanja u *Unreal Engine* - u koristi *DirectX 11* i *DirectX 12 pipeline* - ove koji uključuju odloženo senčenje, globalno osvetljenje, osvetljenost translucencije i naknadnu obradu, kao i simulaciju GPU (*Graphics Processing Unit*) čestica koristeći vektorska polja. Kako su se razvijale tehnologije napredovali su i programi. U periodu do danas *Unreal Engine* je iz godine u godinu poboljšavan novim mogućnostima, koje su činile iskustvo za korisnike lakšim, ali i bogatijim. Svakako, mogućnost brzog renderovanja u realnom vremenu *Unreal Engine* - a rezultat je kombinacije naprednih tehnika optimizacije koje koriste prednosti i

CPU (Central Processing Unit) i *GPU* resursa, dok uporedo koriste pametne algoritme za smanjenje radnog opterećenja gde god je to moguće.

Opcija za renderovanje u realnom vremenu omogućava da se ovaj program koristi kao klijent u prenošenju informacija sa servera, te da reakcija bude odmah vidljiva. Ovaj koncept otvara vrata novim načinima kontrole karaktera i unosa podataka u igrama koje će se kreirati u budućnosti i preuzimati tržište. Jasno je da će se *Unreal Engine* prilagoditi ovim unapređenjima, te ostaje da se prate pojavljivanja novijih verzija.

3. PRAKTIČAN DEO RADA

3.1 Uvod

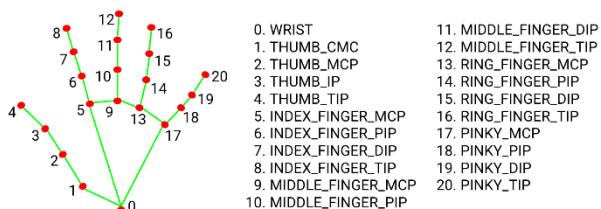
Praktičan deo ovog rada podeljen je u tri celine: detekcija pokreta za potrebe kontrole korisničkog interfejsa, definisanje kontrola u zavisnosti od detektovanog pokreta i implementacija funkcionalnosti u okviru igre.

Prvo je učitani ulazni video snimak i na njemu detektovana šaka, te je izvršena provera koja je šaka u pitanju. Ukoliko je u pitanju desna šaka ona je zadužena za kontrolu ulaznih uređaja, dok se detektovani položaji leve šake šalju u *Unreal Engine* u vidu celobrojne vrednosti. Za kontrolu ulaznih uređaja korišćena je *PyAutoGUI* biblioteka. Pomoću nje vrši se promena pozicije kursora miša (ispružen samo kažiprst, svi ostali prsti savijeni), kliktanje levog klika ukoliko se savije samo kažiprst i promena vrednosti jačine zvuka u zavisnosti od distance između vrha palca i vrha kažiprsta. Zatvorena šaka označava pritisak tastera *C* na tastaturi. Dok su detektovani oblici leve šake zaduženi za pokretanje karaktera u okviru igre. U zavisnosti od toga da li je šaka skroz otvorena, zatvorena, da li su ispruženi samo palac i kažiprst ili kažiprst i srednji prst u *Unreal Engine* se šalju podaci da se karakter kreće unapred, unazad, levo ili desno. Ukoliko nije detektovana nijedna šaka, program vrši detekciju lica i registruje treptaj. Kao reakcija realizovano je skakanje karaktera u okviru igre.

Željena reakcija karaktera izvršena je tako što su dobijeni podaci pakovani u *Python* rečnik koji je zatim pretvoren u *JSON* fajl. Kreiran fajl se pomoću lokalnog servera slao u *Unreal Engine* u realnom vremenu. U okviru *Unreal Engine* - a instaliran je *Socket.IO plug-in* i uspostavila se veza sa *Python* skriptom. Učitani su *JSON* fajl, koji je dalje korišćen u bluprintovima za pokretanje karaktera.

3.2 Detekcija pokreta

Za detekciju pokreta korišćen je *MediaPipe*. *MediaPipe Hands* je rešenje za praćenje šake i prstiju visoke tačnosti. Koristi mašinsko učenje da pronade najviše dvadeset i jedno 3D obeležje jedne šake u okviru jednog frejma (slika 1). *MediaPipe Hands pipeline* je *pipeline* mašinskog učenja koji se sastoji od dva modela koji rade zajedno. Prvi jeste model detekcije dlana, koji vraća orijentisanu kutiju za ograničenje šake i radi na celoj slici. Dok drugi model, model orijentacije šake, radi na isečenom regionu slike (regionu od interesa). Regija od interesa definisana je detektorom dlana i vraća ključne tačke 3D šake visoke tačnosti [7].

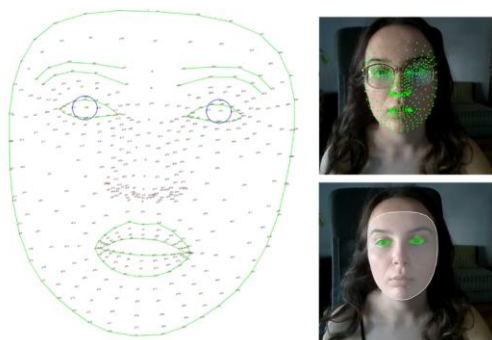


Slika 1. Obeležja šake [7]

MediaPipe Face Mesh je model ili rešenje koje procenjuje 468 3D obeležja lica u realnom vremenu. Koristi mašinsko učenje da bi pronašao 3D površinu lica, zahtevajući samo jedan ulaz kamere, bez potrebe za informacijama o dubini. Ovaj *pipeline* sastoji se od dva modela, kao i *pipeline* rešenja za šake.

Prvi jeste detektor koji radi na celom ulaznom frejmu i proračunava lokaciju lica, dok je drugi 3D model obeležja koji radi samo na isečenoj regiji od interesa i pronalazi već pomenutih 468 obeležja.

Na slici 2, levo, prikazana su sva obeležja koja mogu biti detektovana, dok desna strana predstavlja dva primera kako se mogu prikazati detektovana obeležja ili samo željeni delovi lica. Donji prikaz iskorišćen je pri izradi praktičnog dela ovog projekta [8].



Slika 2. Obeležja lica [9]

Nakon što su detektovana pomenuta obeležja kreirane su funkcije koje proveravaju uslove poput veličine ugla koji zaklapaju tri obeležja svakog od prstiju ili dužine rastojanja između dva obeležja. Kao rezultat ispunjenih uslova vrši se detekcija pokreta i dobija neki od prikaza na slici 3.



Slika 3. Detektovani pokreti

3.3 Kontrole karaktera na osnovu detektovanog pokreta

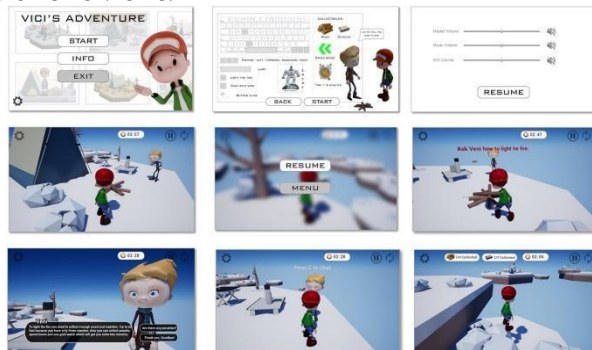
Svaki detektovani pokret koji je opisan u prethodnoj sekciji odgovara određenoj kontroli. Za kontrolu

karaktera u *Unreal Engine* - u je bilo neophodno kreirati lokalni server. Za te potrebe je korišćena *Node.js* tehnologija. *Node.js* je okruženje za izvršavanje na više platformi za razvoj serverskih i mrežnih aplikacija. Nudi mogućnost pisanja servera koristeći *JavaScript* programski jezik sa neverovatnim performansama [10]. Za potrebe ovog projekta kreiran je *JavaScript* fajl pod nazivom *Server*. Ideja jeste da kreirani server rukuje *POST* zahtevima za ažuriranje promenljive, u ovom slučaju lozinke (*password*), i da je emituje klijentima koristeći *Socket.IO*. Klijent kom se emituju podaci jeste program *Unreal Engine* [11].

Korišćen je *Express* internet okvir i *Socket.IO* modul. *Express* je najpopularniji *Node.js* internet okvir i osnovna biblioteka za niz drugih popularnih *Node.js* okvira. Obezbeđuje mehanizme za pisanje skripti za zahteve na različitim *URL* putanjama. Kreirana je funkcija *setPassword*. Ova funkcija promenljivoj *pass* prosleđuje argument koji prima (celobrojna vrednost koja označava da li je detektovan određeni oblik šake ili treptaj).

3.4 Unreal Engine funkcionalnosti

Za potrebe ovog rada iskorišćena je igra kreirana na predmetu iz letnjeg semestra master studija Animacije u inženjerstvu pod nazivom Proces razvoja računarskih igara, redovnog profesora dr Dragana Ivetića. Kreirana je igra pod nazivom *Vici's Adventure* (slika 4). Karakter se slobodno kreće u okviru nivoa na kom se nalaze ostrva i platforme. Zima je, te je svuda sneg. Vici želi da sakuplja šibice i drveće da bi upalio vatru i promenio vreme.



Slika 4. Kadrovi iz igre

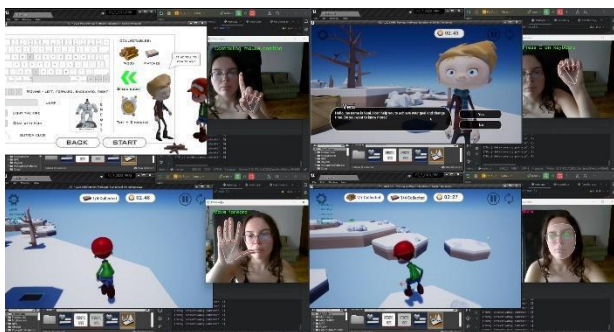
Ideja jeste da se upotrebom kreirane *Python* skripte i lokalnog servera u okviru glavnog menija kontroliše kursor, pokreće igra, menja jačina zvuka ili se otvaraju novi prozori da bi se pročitale dodatne informacije. Takođe, cilj je da se omogući da se karakter pokreće na osnovu detektovanog položaja šake ili detekcije treptaja.

Deo koji obuhvata kontrolu korisničkog interfejsa ne zahteva dodatno uređivanje u okviru programa *Unreal Engine*, jer se pomoću *PyAutoGUI* biblioteke utiče na celokupan sistem. Kao rezultat toga kursor miša, levi klik, kao i pritiskanje tastera *C* rade i u okviru ovog programa. Bitno je naglasiti da korisnički interfejs korisniku omogućava da utiče na jačinu zvuka u igri, master jačinu, ali i jačinu muzike i zvučnih efekata odvojeno. Zatim, moguće je koristiti sve opcije koje su već kreirane, poput pauziranja igre, pokretanja ponovo, čitanja informacija ili

napuštanja igre. Takođe, u okviru igre postoji mentor sa kojim korisnik može da pokrene razgovor i to se vrši pritiskom tastera *C* na tastaturi, te je određeni položaj šake (slika 3) rezervisan za ovaj događaj.

Za podatke prosleđene preko servera, a dobijene pomoću *MediaPipe* modela, korišćen simulator jeste *Unreal Engine 4.26*. Korišćen je *ThirdPerson* template. U pitanju je prenos uživo i zahtevniji program, te je prenos malo sporiji. U već kreiranom projektu je instaliran i omogućen *Socket.IO* dodatak (engl. *plug-in*) kako bi se povezao sa *Python* skriptom. Kao menadžer podataka korišćen je *Third Person Character* blueprint. U okviru odgovarajućeg blueprinta dodataka je *Socket.IO* komponenta kojoj su aktivirani sledeći događaji: *On Connected*, *On Disconnected* i *On Generic Event*.

Zatim je kreiran *Event BeginPlay* događaj kog kojeg je bitno obratiti pažnju da se prosledi odgovarajući naziv događaja i da se poveže sa dodatom *Socket.IO* komponentom. Potom je kreiran generičan događaj u okviru kog se prvo porede stringovi *Event name* i *new wind*. Tačnije poredi se, da li je naziv prosleđenog događaja sa servera jednak *new wind*. Ukoliko je to slučaj nastavlja se dalje sa obradom dobijenih podataka iz *JSON* fajla (*Message Json*). Zatim je dobijena poruka učitana kao *string* u formatu `{"Broj detektovanog pokreta": 0}`. Menja se jedino celobrojna vrednost u okviru nje, te je vršeno poređenje čemu je jednaka ta vrednost u trenutku primanja poruke. Ukoliko je vrednost jednaka nuli na ekranu se ispisuje poruka *No message* i nema dešavanja. U slučaju da je vrednost jednaka jedinici karakter se kreće unapred, dok se unazad kreće ukoliko je prosleđena vrednost jednaka dvojci. Ukoliko je vrednost jednaka trojci karakter skoči i na ekranu se ispisuje poruka *Jump*. Za kretanje ka levo ili ka desno potrebno je da je prosleđena vrednost jednaka četvorci ili petici.



Slika 5. Primeri kontrole interaktivnog softvera

4. ZAKLJUČAK

Ovaj rad istražuje primenu kompjuterske vizije za kontrolu korisničkog interfejsa interaktivnog softvera. Glavni izazov pri izradi praktičnog dela ovog rada bilo je postizanje konekcije između servera i klijenta, kao i slanje željenog podatka. Mašinsko učenje, kompjuterska vizija i *Unreal Engine* su goruće teme u svetu oko nas, te je svaki rad koji ih uključuje korak napred. Matematički deo ovog projekta je svakako u isto vreme izazovan i interesantan. Proučeni su novi načini za određivanje ugla koji formiraju tri tačke, kao i različita dva načina kako da se u okviru *Python* programskog jezika sa ili bez korišćenja određene

biblioteke dođe do Euklidskog rastojanja između dve tačke. Svakako, ovaj projekat može znatno da se unapredi i da se omogući potpuna kontrola igre. No, da bi se to ostvarilo bilo bi poželjno da se realizuje istraživanje koje bi se bavilo kompleksnošću igranja sa već postojećim komandama. U tom smislu bi unapređenja bila prilagođena korisnicima.

5. LITERATURA

- [1] Dragan Micić, Tončić Danilo "Lokalizacija na osnovu markera"
<https://esveske.github.io/pdf/2017/PFE1701.pdf>
- [2] Python, 3.12.5 Documentation, "The Python Tutorial"
<https://docs.python.org/3/tutorial/>
- [3] Pajankar, Ashwin, "Naučite Python 3: brzi kurs programiranja", Agencija Eho, 2022
- [4] PyAutoGUI, "PyAutoGUI's documentation"
<https://pyautogui.readthedocs.io/en/latest/>
- [5] Dattanikaran, Medium "Get Started with PyAutoGUI"
<https://medium.com/@dattanikaran25/get-started-with-pyautogui-75962f3088ce>
- [6] Google, AI for Developers "MediaPipe Solutions guide"
<https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/guide>
- [7] MediaPipe, Documentation "MediaPipe Hands"
<https://mediapipe.readthedocs.io/en/latest/solutions/hands.html>
- [8] MediaPipe, Documentation "MediaPipe Face"
https://mediapipe.readthedocs.io/en/latest/solutions/face_mesh.html
- [9] Ushaw Gary, Alanazi Fatimah "Improving Detection of DeepFakes through Facial Region Analysis in Images"
https://www.researchgate.net/publication/376909901_Improving_Detection_of_DeepFakes_through_Facial_Region_Analysis_in_Images
- [10] RisingStack "Node Hero – Getting Started With Node.js Tutorial"
<https://blog.risingstack.com/node-hero-tutorial-getting-started-with-node-js/>
- [11] Bogomyakov Egor, Medium "How to connect Unreal Engine 4 to local server via WebSocket using blueprints?"
<https://medium.com/@slonorib/how-to-connect-unreal-engine-4-to-local-server-via-sockets-9d73fd180f0b>

Kratka biografija:



Danijela Milekić rođena je 30. oktobra 2000. godine u Sremskoj Mitrovici. Osnovne studije Animacije u inženjerstvu na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu završila je 2023. godine i iste godine upisala Master studije. Od marta 2024. godine zaposlena je kao saradnik u nastavi na Fakultetu tehničkih nauka, na katedri za Animaciju u inženjerstvu.

SOLARNI PARKING ZA PUTNIČKA VOZILA**SOLAR CARPORT SYSTEMS**Stefan Isaković, Zoltan Čorba, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - ČISTE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE**

Kratak sadržaj – Koncept rada je takav da je podeljen u dva dela. Prvi deo je tehnička analiza konstrukcije parkinga sa energetske komponentama dok je drugi ekonomska analiza sa osvrtom na povrat uloženi sredstava u jedinici vremena.

Ključne reči: fotonaponski parking za vozila, energetika, foronaponski paneli.

Abstract – The main concept of paper is deviding in two parts. The first part is techical analysis of construction of parking with enegetic components, while the second part is economic analysis with review on return of invested funds in unit of time.

Keywords: Solar carport, Energetics, PV panels.

1. UVOD

Budući da se potreba za energijom povećava iz godine u godinu pojedine zemlje Evropske Unije pribegavaju rešenjima koja imaju dvostruku korist. Jedno od tih rešenja jeste kombinacija čelične konstrukcije za nadstrešnicu parkinga kao noseće osnove za postavljanje fotonaponskih panela. Time se ostvaruje ekonomska dobit iz proizvodnje električne energije, smanjuje se emisija štetnih gasova proizvodnjom električne energije iz čistih izvora energije i pravi se hlad za parkiranje vozila.

U radu je prikazana dispozicija opreme, izabrana oprema, kao i potencijalni prinos električne energije za godinu dana sa aktuelnom tržišnom cenom električne energije. Takođe je prikazan 3D model sistema projektovan u SolidWorks softveru zajedno sa statičkom simulacijom opterećenja fotonaponskih panela.

2. TIPOVI SOLARNIH PARKINGA

Postoji nekoliko izvedbi solarnih parkinga koje se mogu sresti u praksi, a najviše zavise od zatečenog stanja i lokacije. Najčešće razlikujemo dve grupe:

- 1) Jednovodni
- 2) Dvovodni solarni parkinzi

U radu je obrađen dvovodni tip solarnog parkinga jer prostor nije bio ograničavajući faktor. Konstrukcija solarnog parkinga napravljena je od kutijastih profila koji su ankerisani u izlivenne betonske stope.

Fotonaponske parkinge je moguće instalirati na velikim površinama, parkinzima firmi, javnim garažama ali i na

privatnim parkinzima gde je potrebno natkriti dva do tri vozila.

3. IZBOR LOKACIJE SA SOLARNIM POTENCIJALOM

Za mikrolokaciju izabran je postojeći zemljani parking u Temerinu, sa uglom od 25° koji fotonaponski paneli zaklapaju sa zemljom. Fotonaponska elektrana je u paralelnom radu sa distributivnim sistemom i svu generisanu električnu energiju predaje direktno u mrežu elektrodistribucije.



Slika 1. Mikrolokacija fotonaponske elektrane
45°23'26"H 19°51'19"E [1]

Softver u kom je izvršena procena solarnog zračenja za datu mikrolokaciju je PV-GIS. Rezultati su dobijeni za svaki mesec u godini posebno ali su sumirani u godišnju projekciju koja iznosi za 1273kWh/m² po strani.

4. IZBOR KONSTRUKCIJE I ANALIZA STATIČKOG OPTEREĆENJA

Na izbor konstrukcije utiče nekoliko faktora kao što su prostor predviđen za parking, broj potrebnih mesta, prostorno ograničenje kao i predviđen budžet za projekat.

Dimenzije konstrukcije su 17m dužine sa 10m širine i 3.6m visine, a moguće je parkirati 10 automobila, gde je 8 standardnih parking mesta i 2 mesta za osobe sa poteškoćama u kretanju.

Pre same izrade konstrukcije potrebno je izliti betonska postolja, odnosno stope na koje će se postaviti vertikalni stubovi.

Pokrivku čini trapezni lim koji je vrlo otporan i izdržljiv a ima i zaštitnu funkciju. Za pričvršćivanje solarnih panela izabrana je standardna stezna oprema koja se sastoji iz granične steg, solarnog vijka za vešanje, središnje steg i gumenih podloški i ostale vijčane robe.

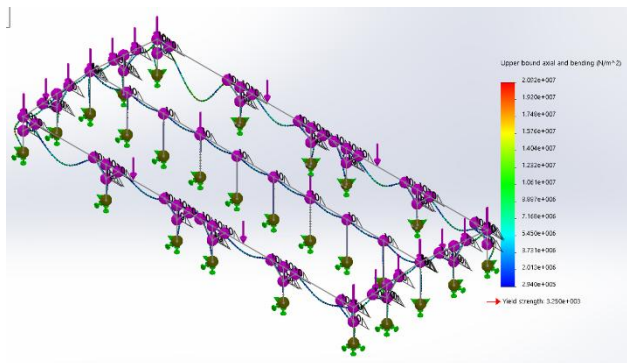
U radu je analiza započeta sa manjim dimenzijama kutijastih čeličnih profila da bi se ostvario što bolji odnos

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Zoltan Čorba, vanr. prof.

između utrošenog materijala i potrebne čvrstoće i izbeglo predimenzionisanje sistema. Krajnja dimenzija kutijastog profila je 120x80x80mm što zadovoljava nošenje tereta od 2000kg kolika je masa 90 fotonaponskih panela. U proračun je uključen i podatak koji predstavlja dodatno opterećenje na konstrukciju gde je masa snega 100kg/m².

Na slici 2. prikazana je simulacija statičkog opterećenja konstrukcije fotonaponskog sistema koja je modelovana u softveru Solid Works.



Slika 2. Prikaz simulacije statičkog opterećenja

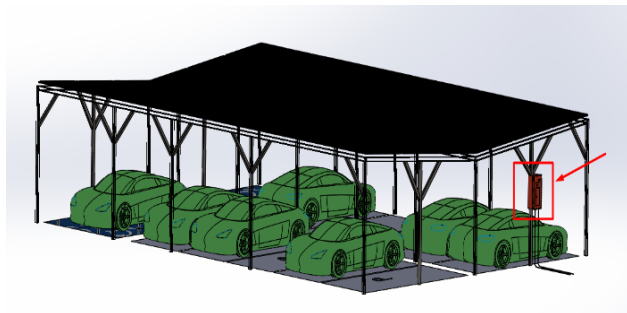
Uzimajući u obzir površinu na koju naležu fotonaponski paneli ona iznosi 167m², te se može montirati 90 panela u dva dela, odnosno 45 komada na jednoj strani i 45 komada na drugoj strani. Ukupna nominalna snaga elektrane iznosi 31.5kW sa snagom panela od 350Wp.

5. IZBOR OPREME I PROCENA PROIZVODNJE

Izabran je polikristalni fotonaponski panel sa 120 ćelija, model HiKU kompanije Canadian Solar.

Invertor koji je izabran ima snagu 25kW japanske proizvodnje kompanije Fuji Solar, koji ima mogućnost povezivanja 1 stringa i 3 MPPT ulaza. Invertor je montiran na čeličnu konstrukciju u poziciji koja je pogodna za njegovo korišćenje i servisiranje.

Usaglašavanjem parametara fotonaponskih panela i invertora došlo se do rezultata da je minimalan broj fotonaponskih panela koje je moguće povezati u nizu 10 a maksimalan broj 30 panela. Na slici 3. prikazan je raspored fotonaponskih panela u 3D prikazu, kao i pozicija invertora u sistemu koji je montiran na konstrukciju. Obzirom da je u pitanju parking, prikazani su i automobili koje je moguće parkirati ispod konstrukcije.

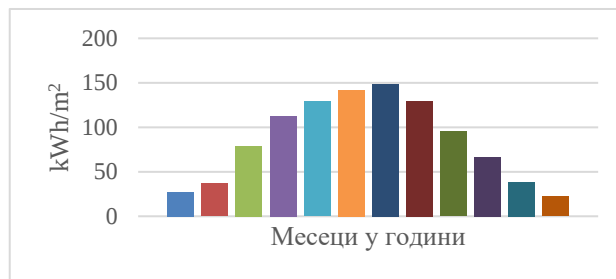


Slika 3. 3D prikaz fotonaponske elektrane

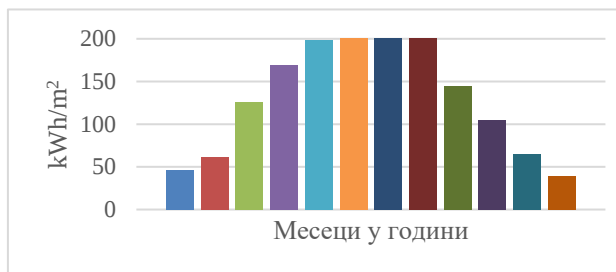
Da bi se fotonaponska elektrana pravilno pozicionirala u odnosu na strane sveta potrebno je bilo analizirati

generisanje električne energije pri pozicioniranju sever-jug i pozicioniranju istok-zapad.

Pozicija sever-jug ostvaruje prinos od 1032 kWh/m² godišnje dok pozicija istok-zapad ostvaruje prinos od 1.584 kWh/m² godišnje. Na slici 5. prikazano je da je u julu mesecu proizvodnja najveća 228 kWh/m², dok je u januaru najmanja 46.8 kWh/m².

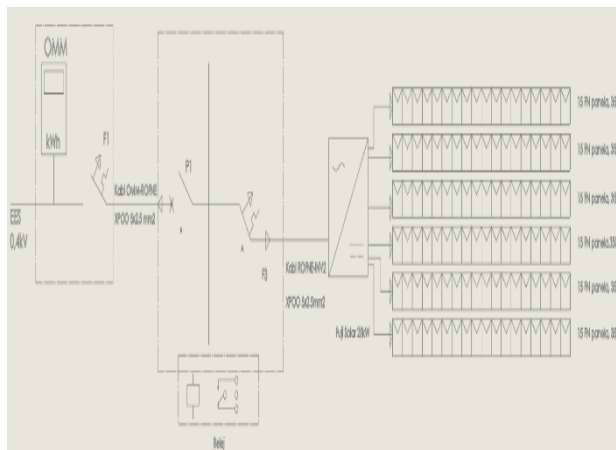


Slika 4. Proizvodnja električne energije po mesecima orijentacija sever- jug [2]



Slika 5. Proizvodnja električne energije po mesecima orijentacija istok-zapad [2]

Na slici 6. prikazana je šema povezivanja za invertor u skladu sa 2 stringa od 15 fotonaponskih panela koji se povezuju na 3 MPPT ulaza.



Slika 7. Šema povezivanja za invertor

6. EKONOMSKA ANALIZA

U ekonomsku analizu uključene su cene materijala potrebne za izradu noseće konstrukcije, energetska oprema, kablovi, nepredviđeni troškovi, troškovi radova što prikazuje tabela 1.

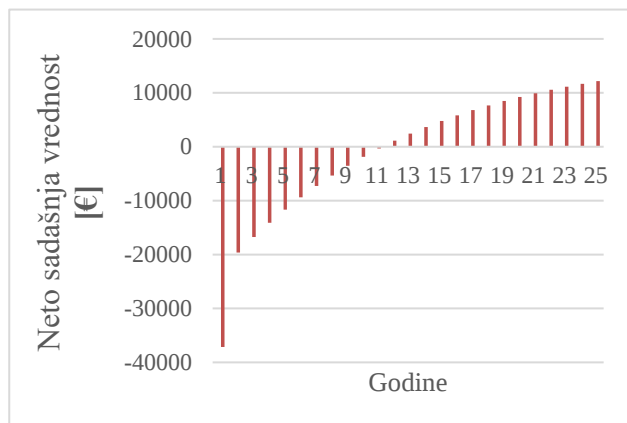
Ukupna cena ovakvog sistema je 32.286 €.

Tabela 1. Troškovi izrade fotonaponske elektrane

P6.	Назив опреме	Ознака	Снага (W)	количина (ком)	Јединична цена (€/Wp)	Укупна цена (€)
1	ФН панел	Canadian Solar	350	90	0.3	9450
2	Конструкција	K2 SYSTEM S	/	/	0.08	2520
3	DC каблови	/	/	346 m	1	346
4	Инвертор	Fuji Solar 25kW	25000	1	0.16	4000
5	ROFNE	/	/	1	-	1 000
6	AC каблови	XP 00 5x6mm ²	/	30m	30	900
7	Непредвиђени трошкови	/			0.04	1260
8	Радови				0.07	2205
9	Трошкови према дистрибуцији				0.03	945
10	Трошкови конструкције	3800 kg			1.7	6460
Укупно						32286

Nakon proračuna pri godišnjem padu proizvodnje usled starenja opreme od 0.7%, troškovima održavanja od 1% godišnje, referentnom kamatnom stopom od 3.5%, stopom inflacije od 3%, PDV od 17% i sa cenom električne energije na tržištu sa podsticajnim merama za proizvođače iz čistih izvora električne energije dolazi se do sledećih rezultata:

Sa zaradom od 37.182 € u rasponu od 25 godina orijentacija sever-jug ima period otplate investicije 17 godina dok je za orijentaciju istok-zapad period otplate 12 godina. Grafik 1. prikazuje da je elektrana otplatila investiciju i da zatim počinje njena zarada od 12. godine. Ovaj podatak govori da je orijentacija istok- zapad unosnija i da je sa ekonomske strane gledišta bolja investicija.



Grafik 1. Zarada elektrane u periodu od 25 godina

7. ZAKLJUČAK

Fotonaponski parking je sistem čija je jedna od najvećih prednosti mogućnost projektovanja na skoro svim površinama i u raznim izvedbama. Prostor može da bude predviđen za jedan automobil ili nekoliko stotina. Ceo sistem se brzo i jednostavno montira, a rad sistema ne zahteva veliko angažovanje operatera.

Smanjenje CO₂ je ovim sistemom ostvarivo i doprinosi zdravijem kvalitetu vazduha na mikrolokaciji.

Period otplate i ukupna zarada su dve stavke koje najbolje definišu uspešnost i opravdanost investicije. Period otplate za orijentaciju istok-zapad od 12 godina pokazuje da je investicija opravdana sa finansijskog aspekta.

Orijentacija sever-jug ostvaruje manju zaradu od orijentacije istok-zapad zato što nema ujednačenu insolaciju kao orijentacija istok-zapad. Za orijentaciju sever-jug severna strana uvek dobija manje u odnosu na jug, dok su kod orijentacije istok-zapad tokom celog dana obe strane jednako osunčane.

Ukupna neto zarada ove fotonaponske elektrane iznosi 37.182 € gde orijentacija sever-jug ima period otplate od 17 godina, a orijentacija istok-zapad ima period otplate od 12 godina. Ovi podaci pokazuju da je orijentacija istok-zapad unosnija i finansijski opravdanija.

8. LITERATURA

- [1] Google Earth (pristupljeno u maju 2024.)
- [2] PV- GIS (pristupljeno u maju 2023.)
- [3] Dušan Gvozdenac, Branka Nakomčić Smaragdakis, Branka Gvozdenac Urošević, Obnovljivi izvori energije, Izdavaštvo FTN, 2013.

Kratka biografija:



Stefan Isaković rođen je u Prištini 1995. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Energetskih tehnologija – Stirlingov motor odbranio je 2019.god.
kontakt: stefan.isakovic14@gmail.com



Dr Zoltan Čorba Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2016. god., a od 2021. je zvanju vanredni profesor. Oblast interesovanja su fotonaponski sistemi i drugi obnovljivi izvori energije.