



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



# **ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА**

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXVIII

Број: 1/2013

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“  
Година: XXVIII                      Свеска: 1

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

Уређивачки одбор:

Проф. др Раде Дорословачки  
Проф. др Владимир Катић  
Проф. др Драгиша Вилотић  
Проф. др Филип Кулић  
Проф. др Срђан Колаковић  
Проф. др Владимир Црнојевић  
Проф. др Дарко Реба  
Проф. др Драган Јовановић  
Проф. др Мила Стојаковић

Проф. др Драган Спасић  
Проф. др Драгољуб Новаковић  
Проф. др Миодраг Хаџистевић  
Проф. др Растислав Шостаков  
Проф. др Војин Грковић  
Проф. др Стеван Станковски  
Проф. др Иван Луковић  
Проф. др Ђорђе Лађиновић  
Доц. др Милан Мартинов

Редакција:

Др Владимир Катић, уредник  
Др Жељен Трповски, технички  
уредник  
Др Зора Коњовић

Др Драгољуб Новаковић  
Мр Мирослав Зарић  
Мирјана Марић

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

Техничка обрада: Графички центар ГРИД

Штампање одобрио: Савет за издавачко-уређивачку делатност ФТН у Н. Саду

Председник Савета: проф. др Радош Радивојевић

СР-Каталогизација у публикацији  
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)  
62

**ЗБОРНИК** радова Факултета техничких наука / главни и одговорни уредник  
Илија Ћосић. – 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)

Двомесечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

## ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

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

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

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

Због тога је Наставно-научно веће ФТН-а одлучило да, од новембра 2008. год. у облику пилот пројекта, а од фебруара 2009. год. као сталну активност, уведе презентацију најважнијих резултата свих дипломских-мастер радова студената ФТН-а у облику кратког рада у „Зборнику радова Факултета техничких наука“. Поред студената дипломских-мастер студија, часопис је отворен и за студенте докторских студија, као и за прилоге аутора са ФТН или ван ФТН-а.

Зборник излази у два облика – електронском на веб сајту ФТН-а ([www.ftn.uns.ac.rs](http://www.ftn.uns.ac.rs)) и штампаном, који је пред вама. Обе верзије публикују се више пута годишње у оквиру промоције дипломираних инжењера-мастера.

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 01.02.2012. до 15.03.2012. год., а који се промовишу 19.05.2012. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових мастер радова. Део радова већ раније је објављен на некој од домаћих научних конференција или у неком од часописа.

У Зборнику су ови радови дати као репринт уз мање визуелне корекције.

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

У овој свесци, са редним бројем 1, објављени су радови из области:

- машинства,
- електротехнике и рачунарства,
- грађевинарства и
- саобраћаја.

У свесци са редним бројем 2. објављени су радови из области:

- графичког инжењерства и дизајна,
- архитектуре,
- инжењерског менаџмента,
- инжењерства заштите животне средине,
- математике у техници и
- геодезије и геоматике.

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

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

**„Високо место у друштву најбољих“**

**Уредништво**

## SADRŽAJ

	Strana
<b>Radovi iz oblasti: Mašinstvo</b>	
1. Uroš Đorđević, PRIMER AUTOMATIZACIJE GREJANJA STAMBENOG OBJEKTA .....	1
2. Vladimir Sabo, Đorđe Vukelić, IMPLEMENTACIJA METODOLOGIJE EKODIZAJNA U PROCESU PROJEKTOVANJA SPECIJANIH PRIBORA .....	5
3. Vladimir Zarić, Dejan Lukić, RACIONALIZACIJA TEHNOLOŠKE PRIPREME PROIZVODNJE GRUPE VRATILA .....	9
4. Nenad Kulundžić, Pavel Kovač, Borislav Savković, SIMULACIJA OBRADNE REZANJA U PROGRAMSKOM PAKETU ANSYS .....	13
5. Mladen Ninković, Ivan Sovilj-Nikić, ANALIZA TOPOGRAFIJE GRUDNE POVRŠINE MODELSKIH ALATA ZA OBRADU OZUBLJENJA .....	17
6. Branislav Olajić, ANALIZA RAZLIČITIH STRATEGIJA OBRADNE GLODANJEM NA OBRADNOM CENTRU FM38 .....	21
7. Predrag Radulaški, Dejan Lukić, MODELIRANJE I SIMULACIJA TEHNOLOŠKIH PROCESA IZRADNE DELOVA KUĆIŠTA ALATA ZA BRIZGANJE PLASTIKE .....	25
8. Miljan Matijević, PRIMENA RAČUNARSTVA U OBLAKU U LOGISTICI .....	29
9. Slobodan Štetak, SIMULACIONI MODEL VISOKOREGALNOG SKLADIŠTA SA DODATNIM VALJKASTIM TRANSPORTERIMA UNUTAR HODNIKA REGALA .....	33
10. Sandra Grbić, OPTIMALNI OBLIK PRITISNUTOG ŠTAPA NA ELASTIČNOJ PODLOZI ČIJA JE POVRŠINA POPREČNOG PRESEKA OGRANIČENA .....	37
<b>Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo</b>	
1. Marina Aladin, DIZAJN INSTRUMENTACIONOG POJAČAVAČA U CMOS TEHNOLOGIJI .....	41
2. Đorđe Damjanović, Vladimir Katić, ANALIZA ENERGETSKIH RESURSA SAVREMENIH MOBILNIH TELEFONA .....	45
3. Nemanja Anđić, KLASIFIKACIJA EMG SIGNALA PRIMENOM NEURONSKIH MREŽA .....	49
4. Nikola Maslovara, PROJEKTOVANJE I ANALIZA RADA 3T I 1T1C CMOS DRAM ČELIJE U STANDARDNOJ 0.35 μm CMOS TEHNOLOGIJI .....	53

5. Biljana Knežević, REDIZAJN SOFTVERA ZA RUKOVANJE KEŠIRANIM PODACIMA .....	57
6. Немања Милков, КОМПАРАЦИЈА НАЧИНА ПРОШИРЕЊА МОДУЛАРНИХ ДИСТРИБУИРАНИХ АПЛИКАЦИЈА .....	61
7. Duško Pavlović, RAZVOJ PODSISTEMA FINANSIJSKOG POSLOVANJA – MODELOVANJE VEZA IZLAZNIH FAKTURA I AVANSNIH RAČUNA .....	65
8. Мирко Цвијић, ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА И ТЕСТИРАЊЕ МРАС АЛГОРИТМА .....	69
9. Boris Savić, REALIZACIJA KLIJENTSKE KONZOLE ŠKOLSKOG AKVIZICIONO-UPRAVLJAČKOG SISTEMA ..	73
10. Milan Pisarić, ANALIZA ELEKTROSTIMULACIONE POVRATNE SPREGE U FREKVENCIJSKOM DOMENU ...	77
11. Bogdan Đorđević, PRIMENA VAADIN OKRUŽENJA ZA RAZVOJ POSLOVNIH APLIKACIJA .....	81
12. Milan Božić, GEOGRAFSKI ZAVISNO ODREĐIVANJE VAŽEĆIH SAOBRAĆAJNIH PRAVILA .....	85
13. Marina Bođa, ALGORITAMSKO UNAPREĐENJE VIZUELIZACIJE GRAFOVA .....	89
14. Relja V. Strezoski, TEORIJSKA ZASNOVANOST PRORAČUNA TOKOVA SNAGA RADIJALNIH DISTRIBUTIVNIH MREŽA .....	93
15. Nikola Ivanišević, DIZAJN KOLA DETEKTORA FAZE - FREKVENCIJE I PUMPE NAELEKTRISANJA SA NISKIM NIVOOM FAZNOG ŠUMA .....	97
16. Nenad Mrđen, Jovan Bajić, Dragan Stupar, Miloš Slankamenac, Bojan Dakić, FIBER OPTIČKI SENZOR SILE .....	101
17. Dalibor Milić, HIBRIDNI ARQ PROTOKOL ZA ZDRUŽENI PRENOS PAKETA NEJEDNAKE DUŽINE .....	105
18. Slađan Delić, Željko Trpovski, KOMPARATIVNA ANALIZA PRAVILNIKA IZ OBLASTI TELEKOMUNIKACIJA .....	109
19. Melita Nikolić, HIBRIDNI ARQ PROTOKOL SA OPTIMALNOM RASPODELOM SNAGE .....	113
20. Đorđe Miljković, Saša Bojić, Miodrag Đukić, Miladin Jovanović, Automatizacija ispitivanja grafičke korisničke sprege, Konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2012. ....	117
21. Borislav Perić, UŠTEDA ENERGIJE U DOMAĆINSTVIMA PRIMENOM KUĆNOG TERMINALA I NAPREDNIM UPRAVLJANJEM KUĆNIM UREĐAJIMA .....	121

## Radovi iz oblasti: Građevinarstvo

1. Đorđeta Munćan, PROJEKAT ENERGETSKE EFIKASNOSTI I SANACIJE ZGRADE KULTURNOG CENTRA U ZRENJANINU .....	125
--	-----

## Radovi iz oblasti: Saobraćaj

1. Даница Пјевац, МЕРЕ ЗА УПРАВЉАЊЕ БРЗИНАМА У САОБРАЋАЈУ .....	129
--	-----

2. Дејан Михајловић, ОБЕЛЕЖЈА САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА НА КРИВИНАМА .....	133
3. Ненад Јаворина, УНАПРЕЂЕЊЕ СИСТЕМА ЈМПП У ГРАДУ НОВОМ САДУ ДО 2030 ГОДИНЕ, УПОТРЕБОМ ПРОГРАМСКОГ ПАКЕТА VISUM .....	137
4. Igor Horvat, Momčilo Kujačić, PRIMENA FRANŠIZINGA U REINŽENJERINCU POŠTANSKE MREŽE U OPŠTINI IRIG .....	141
5. Petar Opačić, PRORAČUN EKSTERNIH TROŠKOVA SAOBRAĆAJA I INTERNALIZACIJA U FUNKCIJI UPRAVLJANJA POTRAŽNJOM ZA PUTOVANJIMA .....	145
6. Strahinja Majstorović, VDSL2 – DIGITALNA PRETPLATNIČKA LINIJA VRLO VELIKE PRENOSNE BRZINE .....	149
7. Nikola Koljaja, MODELOVANJE LOGISTIČKIH PROCESA METODOLOGIJOM DISKRETNIH DOGAĐAJA .....	153



## PRIMER AUTOMATIZACIJE GREJANJA STAMBENOG OBJEKTA AN EXAMPLE OF RESIDENTIAL BUILDING HEATING AUTOMATION

Uroš Đorđević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – MAŠINSTVO

**Kratak sadržaj** – Cilj ovog rada jeste da se na jednoj kući uradi automatizacija sistema grejanja uz kompletan tehnički proračun

**Abstract** – The aim of this paper is to do, in one house, automation system of heating with full technical heating calculation

**Ključne reči:** Tehnički proračun grejanja, Automatizacija sistema grejanja

### 1. UVOD

Osnovni cilj sistema grejanja jeste da se postigne odgovarajući nivo komfora i pogodnosti uz što manju potrošnju energije. Važan kriterijum za odabir tipa grejanja jeste cena energenata, ali ne sadašnja već trend kretanja cene energenata kako u prošlosti tako i u narednih par godina. Razlog tome jeste što kuća potroši oko 30-40% energije od ukupne energije koju potrošimo, dok se 50% te potrošene energije troši na zagrevanje kako tople vode tako i na grejanje samog objekta. Odavde se vidi da se na osnovu cene energenta kao i na osnovu potrošnje energenata, isplati izvršiti regulaciju sistema grejanja.

#### 1.1 Pristup

Cilj ovog rada je da se na konkretnom slučaju odradi kompletni proračun gubitaka toplote i utvrđivanje koliko je energije potrebno za grejanje, kao i program koji će vršiti kontrolu grejanja. Na taj način se dolazi do konkretnog modela upravljanja koji će se implementirati radi utvrđivanja kolike se uštede u potrošnji energenata mogu ostvariti. Osnovna pitanja sa kojima se rad bavi su:

**Kakav je arhitektonski plan kuće** kao i potreban materijal za izradu zidova.

**Koliki su gubici** u grejanju prostorije. Ovaj parametar je dosta važan zbog toga što se na osnovu njega vrši izbor kotla.

**Koliki je broj** radijatora neophodan za zagrevanje prostorije kao i njihova snaga, a da se ne izgubi komfor u samoj prostoriji.

**Dobijanje parametara** neophodnih za odabir opreme koja će biti ugrađena u sistem grejanja.

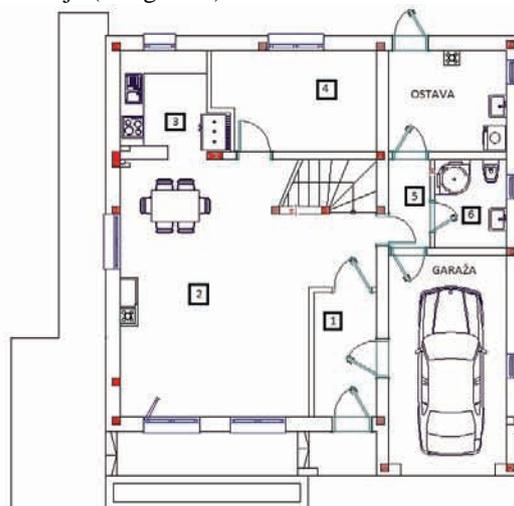
**Izrada programskih** kodova koji će vršiti kontrolu grejanja svake pojedinačne prostorije a time doprineti uštedi energije.

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Velimir Čongradac, docent.

### 2. ARHITEKTONSKI PLAN KUĆE KAO I SPECIFIKACIJA ZIDOVA

Na osnovu podataka iz arhitektonskog plana kuće utvrđeni su sledeći podaci: Osnova kuće je 10.14m x 10.43m, kuća se sastoji od podruma, prizemlja, prvog sprata i potkrovlja. U sklopu prizemlja se nalazi 6 prostorija kao i ostava i garaža. Efektivna površina prizemlja (bez garaže) iznosi 73.86m<sup>2</sup>.



Slika 1. Horizontalni presek prizemlja kuće

Površine prostorija u prizemlju su: 1 - 5.65m<sup>2</sup>, 2 - 37.6m<sup>2</sup>, 3 - 6.11m<sup>2</sup>, 4 - 10.24m<sup>2</sup>, 5 - 2.34m<sup>2</sup>, 6 - 4.12m<sup>2</sup>, ostava - 7.8m<sup>2</sup>.

U sklopu prvog sprata se nalaze četiri prostorije: hodnik, dve spavaće sobe i kupatilo. Efektivna površina prvog sprata iznosi 88.81m<sup>2</sup> (bez stepeništa).

Površine prostorija na prvom spratu su: 1.1 - 46.76m<sup>2</sup>, 1.2 - 25.51m<sup>2</sup>, 1.3 - 10.54m<sup>2</sup>, 1.4 - 6m<sup>2</sup>.

U sklopu kuće se nalaze još i podrumске prostorije kao i potkrovlje.

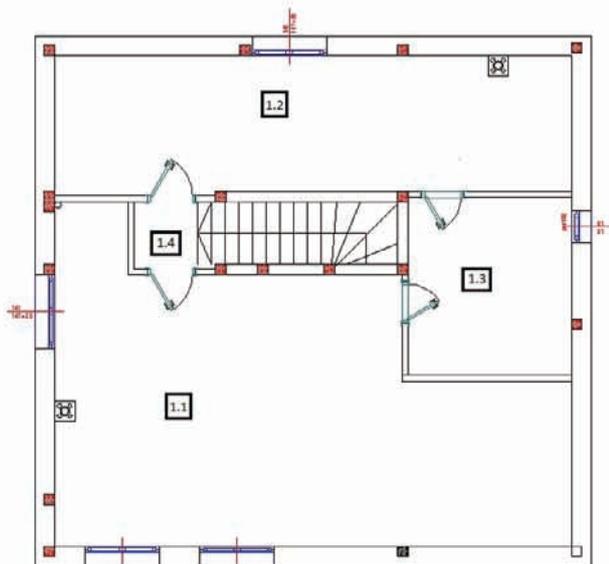
Takođe su u arhitektonskom planu objekta sadržane sve specifikacije svih elemenata i delova koji ulaze u sklop samog objekta.

### 3. MAŠINSKI PRORAČUN

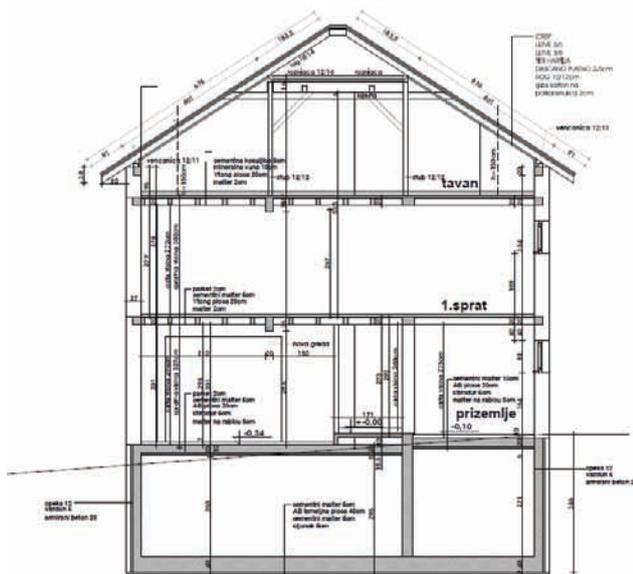
Pre nego što se krene sa bilo kakvim proračunima, potrebno je odrediti koje se sve prostorije zagrevaju. U ovom slučaju su to sledeće prostorije:

- prizemlje: ulazni hodnik - 0.1; dnevna soba - 0.2; kuhinja - 0.3; spavaća soba - 0.4; hodnik kod kupatila - 0.5; kupatilo - 0.6;

- prvi sprat: spavaća soba - 1.1; spavaća soba - 1.2; kupatilo - 1.3; hodnik kod stepeništa - 1.4.



Slika 2. Horizontalni presek prvog sprata kuće



Slika 5. Vertikalni presek objekta

Instalacija radijatorskog grejanja je dvocevnog tipa gde je režim tople vode 80/60°C sa prinudnom cirkulacijom pomoću cirkulacione pumpe. Cevna mreža je izrađena od bakarnih cevi koje se vode vidno po plafonu podruma sa usponima prema vertikalama i padovima kako bi se obezbedilo odzračivanje i pražnjenje mreže.

Spoljna projektna temperatura prema SRPS U.J5.600 iznosi  $t_{sp} = -18^{\circ}\text{C}$ . Unutrašnje pro-jektne temperature prema SRPS U.J5.600 su sledeće: [1], [4]

$t = 20^{\circ}\text{C}$  - sobe za stanovanje, dnevne sobe, spavaće sobe, kuhinja, hodnik

$t = 22^{\circ}\text{C}$  - kupatilo

$t = 10^{\circ}\text{C}$  - podrum

Temperature ostalih prostorija koje se ne greju, se mogu usvojiti na osnovu preporuka iz tablica ili na osnovu jednačine. U ovom radu su temperature ostalih prostorija koje se ne greju, dobijene na osnovu proračuna [1]. To su:

$t = 3.5^{\circ}\text{C}$  - garaža

$t = 4.5^{\circ}\text{C}$  - ostava

$t = -14.1^{\circ}\text{C}$  - podrum

Na osnovu proračuna koeficijenta prolaza toplote za svaki pojedinačni deo, dobijene vrednosti su prikazane u tablici [1-3].

Naziv pregrade	Debljina - cm	Usvojen koeficijent prolaza toplote - k (W/m <sup>2</sup> K)	
1	Spoljni zid	40	0.505
2	Spoljni zid - kupatilo	41	0.502
3	Unutrašnji zid	34	0.33
4	Unutrašnji zid	24	0.42
5	Unutrašnji zid	25	0.42
6	Unutrašnji zid	16	0.693
7	Unutrašnji zid - kupatilo	17	0.688
8	Pod prizemlja - parket	33	0.43
9	Pod prizemlja - pločice - kupatilo	26.5	1.84
10	Pod prizemlja - pločice - kuhinja	32	0.45
11	Pod prvog sprata - parket	29	0.54
12	Pod prvog sprata - pločice	28.5	0.55
13	Tavanica	35	0.24
14	Krov	8	2.03
15	Spoljašnja vrata PVC		1.2
16	Balkonska vrata PVC		1.3
17	Unutrašnja vrata - drvo		2.3
18	Spoljašnji prozori PVC		1.3
19	Krovni prozor		1.4
20	Garažna vrata		1.4

Tablica 1. Prikaz dobijenih vrednosti koeficijenta prolaza toplote

Nakon određivanja potrebnih temperatura i koeficijenata prolaza toplote, prelazi se na računanje potrebne količine toplote za ceo objekat. Potrebna količina toplote za grejanje jednog objekta predstavlja sumu svih količina toplote prostorija koje se zagrevaju. Potrebna količina toplote za grejanje jedne prostorije (Q) predstavlja zbir transmissionih gubitaka (Q<sub>t</sub>) i ventilacionih količina toplote (Q<sub>v</sub>) [1]:

$$Q = Q_t + Q_v \quad (1)$$

Transmissioni gubici toplote, a ujedno i ventilaciona količina toplote se proračunavaju na osnovu tablica i za svaku prostoriju zasebno. Na osnovu ovoga se dobija informacija kolika količina toplote je potrebna za svaku prostoriju a ujedno i za ceo sprat, jer količina toplote neohodna za grejanje celog sprata predstavlja zbir koalicina toplote svih prostorija na spratu. Ukupna količina toplote neophodna za grejanje celog objekta predstavlja zbir količina toplote svih spratova [1]. U ovom radu je dobijeno da je potrebna količina toplote za ceo objekat 12773.79W .

Nakon proračunom određene količine toplote neophodne za grejanje objekta, prelazi se na odabir veličine i snage radijatora u svakoj prostoriji [1]. Odabrani tipovi radijatora sa svojom snagom moraju dati malo veću količinu toplote neophodne za grejanje same prostorije. Ujedno, kada se odrede broj i tipovi radijatora u svim prostorijama koje se zagrevaju, dobijena instalisana snaga mora biti veća od proračunom dobijene količine toplote. Ukoliko nije, objekat neće biti u mogućnosti da se ugreje. Međutim, u ovom radu je sistem grejanja 80/60°C a vrednosti iz kataloga su date za sistem grejanja 90/70°C. Zbog toga je potrebno odabrane radijatore korektivovati sa određenim faktorima koje daje sam proizvođač radijatora. Tako dobijena vrednost snage radijatora mora biti veća od

gubitaka toplote u prostoriji. Na osnovu proračuna je dobijen sledeći broj grejnih tela po prostorijama:

Prostorija	Broj radijatora
Prizemlje	
0.1	1
0.2	3
0.3	/
0.4	1
0.5	1
0.6	1
Prvi sprat	
1.1	3
1.2	2
1.3	1
1.4	/

Tablica 2. Prikaz broja grejnih tela po prostorijama koje se zagrevaju

Na osnovu ovoga, dolazi se do informacije da je ukupna instalisana snaga za ceo objekat 13382.3W. Takođe se na osnovu tablice 2 određuje raspored grejnih tela po prostorijama kao i broj vertikalnih vodova. Dobijene su sledeće vrednosti:

- vertikala 1: povezuje cevaste radijatore u prostorijama 0.6 i 1.3 (kupačila)
- vertikala 2: povezuje radijator u prostoriji 0.5 (hodnik kod kupačila)
- vertikala 3: povezuje radijator u prostoriji 0.1 (ulaz)
- vertikala 4: povezuje radijator u prostoriji 0.4 i u radijatore u prostoriji 1.2 (spavaće sobe)
- vertikala 5: povezuje jedan radijator u prostoriji 0.2 i jedan radijator u prostoriji 1.1 (dnevna soba u prizemlju i spavaća soba na spratu)
- vertikala 6: povezuje preostale radijatore u prostoriji 0.2 i u prostoriji 1.1

Nakon toga se pristupilo izradi mašinskih crteža sa šemom povezivanja i rasporedom vertikalna.

Jedan od bitnijih proračuna koji se izvode, je proračun cevne mreže [1,2]. Cilj ovog proračuna jeste da se dobije informacija kod koje vertikale se javlja najveći pad pritiska ( $\Delta p$ ), koji će se dalje koristiti pri odabiru cirkulacione pumpe. Najveća vrednost pada pritiska je referentna vrednost pri odabiru pumpe. Ovaj proračun se izvodi tabelarno. Najveći pad pritiska se javlja na najudaljenijem vertikalnom vodu od kotla. To je vertikala 6 sa padom pritiska od 8192.2Pa. Ova vrednost je referentna vrednost na osnovu koje se vrši izbor pumpe.

Pošto je sve predhodno izračunato i određeno, prešlo se na proračun kapaciteta kotla, napora pumpe, prečnika dimnjaka, dimnjače, zapremine ekspanzionog suda [1]. Proračunom su dobijene sledeće vrednosti:

$Q_k = 17397 \text{ W}$  - potrebna snaga kotla dobijena proračunom. Iz kataloga proizvođača je usvojen kotao snage  $Q_k = 20 \text{ kW}$ .

$D = 8 \text{ cm}$  - Prečnik dimnjaka

$F_d = 0.023 \text{ m}^2$  - presek dimnjače

$V = 10.5 \text{ L}$  - zapremina ekspanzionog suda

$\Delta p = 9092.2 \text{ Pa}$  - merodavan pad pritiska za izbor pumpe

$H = 10910.6 \text{ Pa}$  - merodavan napor za izbor pumpe.

Pošto su određeni svi ovi parametri, pristupilo se automatizaciji sistema grejanja objekta.

## 4. AUTOMATIZACIJA SISTEMA GREJANJA

Sistem grejanja sastoji se od:

- Generators toplote (kotao)
- Sistema za distribuciju tople vode (cevi, ventili,...)
- Grejna tela (potrošači – radijatori)
- Sistemi regulacije i na generatoru toplote i na sistemima za distribuciju i na potrošačima

U ovom radu je razmotrena regulacija temperature u prostorijama i u razvodima grejnih krugova (zone). Jedan od najboljih načina postizanja komfora je ako se temperatura vode u grejnim telima menja u zavisnosti od spoljašnje temperature. Princip regulacije je sledeći:

- Kada je spoljašnja temperatura viša, prostoriji će trebati više vremena da se ohladi a manje vremena da se zagreje, dok je obrnuto kada je niža temperatura (više vremena za zagevanje prostorije dok je hlađenje prostorije brže)
- Na osnovu ovog principa, dobijaju se najveće uštede kao i najbolji komfor u svakoj prostoriji. Ovo se može postići postavljanjem digitalnih sobnih kontrolera. Razlog korišćenja jeste taj što se ti sobni kontroleri mogu povezati sa centralnim sistemom regulacije kotla ali i sa drugim sistemima kućne automatike. Ovi sobni kontroleri se postavljaju na najpovoljnijim mestima unutar prostorije čime se postiže da je regulacija grejanja kvalitetnija. Sistem regulacije, ovim načinom, se sastoji od:
  - Sobnog kontrolera
  - Aktuatora (prima informaciju od kontrolera i pretvara ga u signal za pokretanje motornog pogona)
  - Motorni pogon ventila na radijatoru

Sobni kontroler na osnovu merene i željene temperature unutar prostorije vrši generisanje informacije koju potom šalje aktuatoru. Aktuator prima tu informaciju i pretvara je u signal za pokretanje motornog pogona ventila. U ovom radu je odabrano da je pogon ventila ON/OFF pa zbog toga ovaj tip upravljanja spada u relejno upravljanje. Tip rada ON/OFF predstavlja rad kod kojeg je ventil ili skroz otvoren ili skroz zatvoren. Otvaranje i zatvaranje ventila nije momentalno. Razlog tome jeste da se ne bi stvorili veliki hidraulički udari u sistemu grejanja. Ukoliko bi se ti udari javili, posle određenog vremena došlo bi do ozbiljnih havarija u samom sistemu.

### 4.1 Sistem upravljanja

Utvrđeno je da se u celom objektu, grejanje vrši u osam prostorija, što znači da će sistem upravljanja vršiti kontrolu u osam zasebnih sistema grejanja. To regulisanje se vrši, kao što je već napomenuto, preko merene i željene temperature unutar svake prostorije. Željena temperatura prostorija je 20°C, osim u slučaju kupačila. Kod kupačila je željena temperatura 22°C. Princip upravljanja je sledeći:

- Ukoliko je temperatura prostorije manja od željene, sistem će odreagovati tako što će odvrnuti ventil na radijatoru.

- Ukoliko je temperatura prostorije veća od željene, sistem koji kontroliše grejanje će odreagovati i zatvoriti ventil na radijatoru.

Iako sistem grejanja spada u spore sisteme, da bi se predupredilo brzo uključivanje i isključivanje sistema - vrši se postavljanje granica od  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . To u suštini znači da će se grejanje u prostoriji uključiti ukoliko temperatura prostorije padne ispod  $19.5^{\circ}\text{C}$  a isključiti ako je iznad  $20.5^{\circ}\text{C}$ , osim u kupatilu. U kupatilu su granice malo veće. Kod njih su granice  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Što znači da će se grejanje uključiti kada temperatura u kupatilu padne ispod  $21^{\circ}\text{C}$  a isključiti ukoliko pređe  $23^{\circ}\text{C}$ . Na ovaj način se postiže da sistem neće imati prevelik broj ciklusa uključivanja i isključivanja u toku jednog dana.

Sistem grejanja predviđen je da radi u režimu  $80/60^{\circ}\text{C}$ . To znači da je temperatura vode koja odlazi iz kotla ka radijatorima  $80^{\circ}\text{C}$ , dok je temperatura vode koja se vraća iz radijatora ka kotlu  $60^{\circ}\text{C}$ . Upravljanje grejanjem je podeljeno na dva dela. Jedan deo kontroliše grejanje u prostorijama, dok drugi deo kontroliše rad kotla. Princip rada grejanja u prostoriji je već ranije opisan. Sistem kontrole kotla se zasniva na merenju temperature vode u povratnom vodu. Temperatura vode koja ulazi u nazad u kotao bi trebala da bude  $60^{\circ}\text{C}$ . Međutim, ako temperatura vazduha unutar neke od prostorija pređe gornju granicu sistem će odreagovati tako da će zatvoriti ventil na radijatoru. Zatvaranje ventila na radijatoru će imati kao posledicu to da se topla voda koja dolazi od kotla neće dovoljno ohladiti i tako vrela će se vraćati nazad ka kotlu. U ovom slučaju sistem koji kontroliše rad kotla će, na osnovu senzora temperature, dobiti informaciju da je temperatura vode koja se vraća nazad u kotao veća od željene temperature vode u povratnom vodu. Sistem će odreagovati tako da će smanjiti potrošnju gasa u kotlu, što ima za posledicu da će temperatura vode koja odlazi ka radijatorima biti niza. U slučaju kada temperatura prostorije padne ispod donje granice, sistem će otvoriti ventil, topla voda koja dolazi od kotla će proći kroz radijator, temperatura vode će se spustiti. Tako ohlađena voda se vraća nazad u kotao. Sistem registruje kolika je temperatura vode u povratnom vodu. Ukoliko je i dalje veća od  $60^{\circ}\text{C}$  vršiće se smanjenje potrošnje gasa. Međutim, ukoliko temperatura vode u povratnom vodu padne ispod  $60^{\circ}\text{C}$ , sistem će odreagovati tako da će povećati potrošnju gasa u kotlu čime dovodi do povećanja temperature vode koja izlazi iz kotla. Ovaj način upravljanja se vrši preko PID kontrolera. Njemu se zadaje željena temperatura povratnog voda, a on vrši regulaciju potrošnje energenata preko merene temperature povratnog voda. Na ovaj način regulacije se dobijaju uštede u potrošnji gasa za razliku od klasičnog načina kontrole.

## 4.2 Vizualizacija

Vizualizacija, u ovom radu, podeljena je na više segmenata, i to na deo koji kontroliše rad kotla i kotlarnice, potom deo za kontrolu grejanja u prizemlju, deo koji kontroliše grejanje na prvom spratu i na kraju deo koji pokazuje kolika je potrošnja gasa u svakom trenutku.

## 5. ZAKLJUČAK

Algoritam upravljanja, koji je dobijen u ovom radu potrebno je implementirati na objekat radi dobijanja informacija kolike se uštede konkretno ostvaruju primenom ovakvog načina grejanja na ovom slučaju.

Algoritmi koji trenutno postoje ne mogu dati tačne podatke o uštedama, jer svi ti algoritmi se rade za različite slučajeve u praksi. Sa tim algoritmima se mogu dobiti orijentacione vrednosti vezane za uštede. Podaci, koji su dobijeni na osnovu ranijih algoritama, ukazuju da se stepen uštede u potrošnji energenata primenom automatizacije kreću od 5% do 6% po uštedenom stepenu toplote. Iako ovaj podatak deluje mali, na duži vremenski period se dobijaju velike uštede koje će sam korisnik objekta u kojem je odrađena automatizacija grejanja primetiti u finansijskom smislu, što je ujedno i cilj ovog rada. Implementacija ovog načina upravljanja tokom izgradnje objekta, povećava cenu samog objekta. Međutim, ekonomska opravdanost će se primetiti tokom prve grejne sezone. Vremenski interval nakon kog bi se u potpunosti isplatio ovaj način upravljanja je nepoznat sve dok se ne dobiju konkretni podaci o uštedama.

## 6. LITERATURA

- [1] B. Todorović, „Projektovanje postrojenja za centralno grejanje“, Mašinski fakultet, Beograd, 2005
- [2] Slobodan Zrnić, Živojin Čulum, „Grejanje i klimatizacija“, Naučna knjiga, Beograd
- [3] Zakon o planiranju i izgradnji-pravilnik o energetske efikasnosti zgrada, „Službeni glasnik“, br. 72/2009, 81/2009 i 64/2010
- [4] Standard SRPS U.J5.600
- [5] Recknagel, Sprenger, Schramek, Čeperković, “Grejanje i klimatizacija”, Građevinska knjiga, Beograd, 2011
- [6] F. Bošnjaković, “Nauka o toplini“, tehnička knjiga, Zagreb, 1962
- [7] Šivak M. “Centralno grijanje, ventilacija, klimatizacija”, Zagreb 1998.

### Kratka biografija:



**Uroš Đorđević** rođen je u Novom Sadu 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo – energetika i procesna tehnika – automatsko upravljanje, odbranio je 2012.god.



## IMPLEMENTACIJA METODOLOGIJE EKODIZAJNA U PROCESU PROJEKTOVANJA SPECIJALNIH PRIBORA

### IMPLEMENTATION OF ECODESIGN METHODOLOGY IN A SPECIALTY FIXTURES DESIGN PROCESS

Vladimir Sabo, Đorđe Vukelić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – MAŠINSTVO

**Kratak sadržaj** – U radu je prikazana implementacija metodologija ekodizajna u procese projektovanja specijalnih pribora. Verifikacija je urađena za grupu radnih predmeta za dve konstrukcije pribora. Na kraju su dati odgovarajuću zaključci i pravci budućih istraživanja

**Abstract** – The paper are presented implementation of ecodesign methodology in a specialty fixtures design process. Verification is performed for a group of workpieces of two fixture. Finally, conclusions and directions of future research are presented.

**Ključne reči:** pribori, ekodizajn, ocenjivanje životnog ciklusa

#### 1. UVOD

Procesi projektovanja i razvoja pribora su donedavno obuhvatali samo tehničke, estetske, ekonomske i tržišne zahteve. Pored ovih faktora bilo koji proizvod, pa tako i pribor, mora da ispunjava i zahteve zaštite životne sredine, što u procese projektovanja i razvoja unosi novu dimenziju, jednako važnu kao i prethodno spomenuti zahtevi. Kad se ovi zahtevi detaljno razrade, može se doći do čitavog niza elementarnih zahteva, koji se razlikuju od slučaja do slučaja – na osnovu karaktera proizvoda. U tom pogledu, razvio se pojam ekodizajn, koji u mašinstvu predstavlja integrisanje aspekata životne sredine u projektovanje i razvoj proizvoda. Ovo omogućava redukovanje nepovoljnih i štetnih uticaja na životnu sredinu u toku celog životnog ciklusa.

#### 2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Usled strogih zahteva tržišta i intenzivnog razvoja nauke, tehnike i novih tehnologija, nivo i trend daljeg razvoja tehnoloških procesa obrade u industriji prerade metala posmatraju se u svetlu svih činilaca koji ih sačinjavaju i njihovih međusobnih odnosa. Činioci koji najviše utiču na kvalitet tehnoloških rešenja su: vrsta priprema, obradni procesi, redosled operacija, mašine, strukture operacija, koncentracija operacija i zahvata, alati, pribori, merila i drugo. Da bi tehnološka rešenja podigli na viši nivo, sve ove elemente potrebno je optimalno rešiti. U lancu faktora uticajnih na izlazne efekte proizvodnih procesa veliki značaj imaju pribori. Kako bi se ustanovile pogodne mere za racionalno korišćenje pribora potrebno je, u prvom koraku, analizirati postojeće stanje.

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Đorđe Vukelić, docent

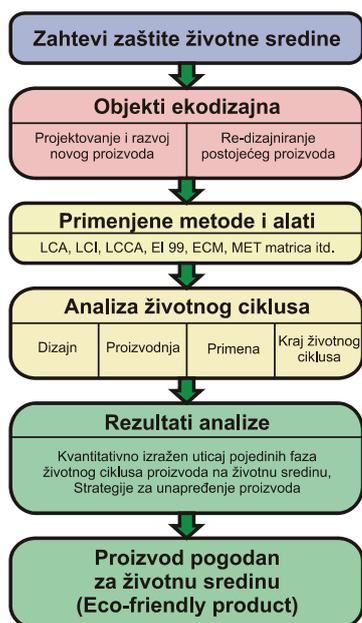
Pribori direktno utiču na kvalitet obrade, produktivnost i cenu proizvoda. Troškovi u vezi sa projektovanjem i proizvodnjom pribora mogu da učestvuju sa 10-20% u ukupnim troškovima proizvodnje [1]. Ovi troškovi ne odnose se samo na troškove materijala, izrade i montaže pribora, već i na troškove projektovanja pribora. Snižanjem troškova projektovanja pribora postižu se značajni ekonomski efekti. Postoje dva prilaza u vezi sa postizanjem ovog cilja. Jedan je usredsređen na razvoj fleksibilnih pribora, dok se drugi oslanja na pojednostavljenije unapređenje procesa projektovanja.

Navedena saznanja nametnula su potrebu za uvođenjem novih tehnologija u proces projektovanja pribora, koje se zasnivaju na tzv. fleksibilnoj automatizaciji. Automatizacija postupaka projektovanja pribora rešava se razvojem sistema za automatizovano projektovanje pribora - CAFD (Computer Aided Fixture Design). Rezultati istraživanja u ovoj oblasti doveli su do sistematizovanog poznavanja mogućnosti koje pruža primena računara u projektovanju. U dosadašnjim istraživanjima u području računarom podržanog projektovanja pribora primenjivani su različiti pristupi. Generalno su bila prisutna dva polja istraživanja: optimizacija konstrukcije pribora i razvoj sistema za projektovanje pribora. Za optimizaciju konstrukcije pribora upotrebljavani su metod konačnih elemenata [2] i genetski algoritmi [3]. U ovim istraživanjima u manjoj ili većoj meri se rešavalo pitanje optimalnog položaja pojedinih elemenata pribora, najčešće elemenata za pozicioniranje i/ili stezanje. Međutim glavni nedostatak ovih istraživanja je što se na ovaj način ne dolazi do izbora konkretnih elemenata pribora niti do njegovog krajnjeg rešenja. Ovim pitanjima su se bavila istraživanja usmerena na razvoj sistema za projektovanje pribora. U polju projektovanja konstrukcija pribora se može izdvojiti nekoliko pravaca istraživanja: sistemi bazirani na neuronskim mrežama [4], sistemi zasnovani na zaključivanju na osnovu slučaja [5], ekspertni sistemi [6] kao i ostali sistemi zasnovani na znanju [7]. Svaki od ovih prilaza ima svoje prednosti ali i nedostatke.

Osnovna mana predhodno navedenih istraživanja jeste nedostatak komparativnog vrednovanja većeg broja konstrukcija pribora u smislu njihovog uticaja na životnu sredinu. Ne treba smetnuti sa uma da je za jedan radni predmet i za jednu operaciju obrade koja se izvodi na jednom obradnom sistemu sa jednim režimima rezanja uvek moguće projektovati nekoliko konstrukcija pribora koje se razlikuju u ceni, funkcionalnosti, proizvodnosti, ali, takođe i u uticaju na životnu sredinu.

### 3. METODOLOGIJA

Na slici 1 je prikazan dijagram toka implementacije metodologije ekodizajna u procese projektovanja pribora.



LCA- Life Cycle Assessment, LCI- Life Cycle Inventory, LCCA- Life Cycle Cost Analysis, MET- Material, Energy, Toxic, SWOT- Strength, Weakness, Opportunities, Threats

Slika 1. Dijagram toka implementacije metodologije ekodizajna u procese projektovanja.

Cilj je dobijanje proizvoda pogodnih za životnu sredinu (*eco friendly*) primenom metoda i alata ekodizajna u celom životnom ciklusu, kod projektovanja i razvoja novih, ili poboljšanja postojećih proizvoda. Da bi se minimizovao negativan uticaj proizvoda na životnu sredinu mogu se koristiti strategije ekodizajna, i to:

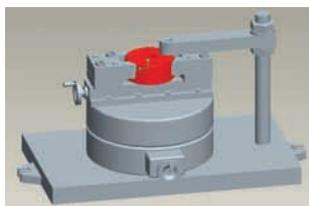
- selekcija materijala sa malim uticajem na životnu sredinu obnovljivi materijali, materijali sa niskim energetske sadržajem, reciklabilni materijali),
- smanjenje količine primenjenih materijala (smanjenje težine, smanjenje zapremine),
- optimizacija proizvodnih tehnika (alternativne tehnike proizvodnje, manji broj proizvodnih operacija, efikasnija potrošnja energija, manje otpada, primena manje količine ili čistije forme pomoćnih materijala),

- optimizacija distributivnog sistema (ponovno upotrebljiva ambalaža, energetske-efikasni režim transporta, energetske-efikasna logistika),
- redukovanje uticaja proizvoda na životnu sredinu u fazi primene (mala potrošnja energije, potrošnja čistijih izvora energije, čistiji potrošni materijali, manje otpada),
- optimizacija veka trajanja proizvoda (visoka pouzdanost i dugotrajnost, lako održavanje i popravke, modularna struktura),
- optimizacija sistema na kraju životnog veka (ponovna upotreba proizvoda, ponovna proizvodnja, reciklaža materijala),
- razvoj novog koncepta (dematerijalizacija, zajedničko korišćenje proizvoda).

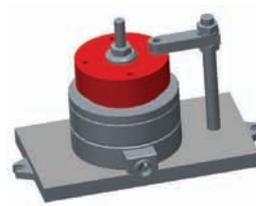
Većina strategija ekodizajna odnosi se na životni ciklus proizvoda. Neke strategije se odnose na nivo elemenata proizvoda, neke na nivo strukture proizvoda dok se ostale odnose na nivo sistema proizvoda.

### 4. STUDIJA SLUČAJA

Na slici 2. su prikazane dve konstrukcije pribora. Na ova dve konstrukcije pribora biće primenjena metodologija ocenjivanja životnog ciklusa, koja predstavlja metodu za ocenjivanje proizvoda i proizvodnih procesa, sa aspekta uticaja na životnu sredinu u svim fazama životnog ciklusa - od ekstrakcije sirovina, preko projektovanja, proizvodnje i distribucije, do primene i postupanja na kraju životnog veka.



Slika 2. Pribor - varijanta "A".



Slika 3. Pribora - varijanta "B".

Oba konstruktivna rešenja pribora zadovoljavaju svoju osnovnu funkciju i namenu pri obradi određene grupe radnih predmeta. Na taj način su dobijena dva rešenja koja se razlikuju prema načinu pozicioniranja i stezanja radnog predmeta a obavljaju identičnu funkciju. U tabelama 1 i 2 su prikazani osnovni sastavni elementi oba konstruktivna rešenja pribora.

Tabela 1. Elementi pribora varijanta „A“.

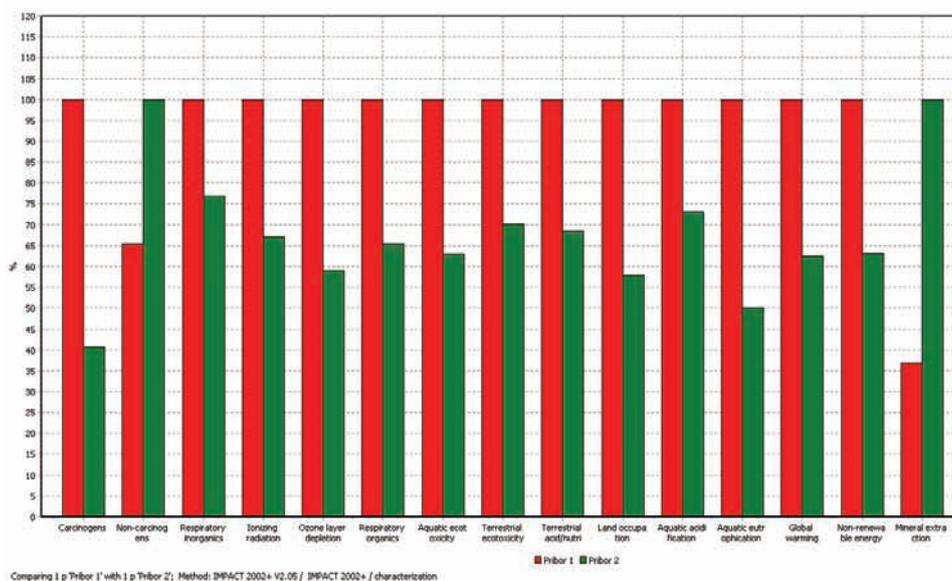
Red. br.	Naziv dela	Kol. [kom]	Masa [kg]	Materijal	Oznaka materijala	Vrsta obrade
1.	Postolje	1	22,67	Sivi liv	GJL-150	Glodanje
2.	Obrtni sto	1	12,8	Sivi liv	GJL-150	Struganje, glodanje, bušenje
3.	Obrtna ploča	1	11,14	Sivi liv	GJL-150	Struganje, glodanje, bušenje
4.	Stega	1	16,4	Sivi liv	GJL-350	Glodanje, bušenje
5.	Ručica	2	0,1	Konstruktioni čelik	E275	Struganje, glodanje
6.	Prizma	2	1,12	Legirani čelik	34CrMo4	Struganje, bušenje
7.	Nosač prizme	2	0,87	Sivi liv	GJL-350	Glodanje
8.	Stub nosača	1	0,89	Nelegirani čelik	C-35	Glodanje
9.	Nosač vođica	1	0,82	Nelegirani čelik	C-35	Struganje, bušenje
10.	Stubna podloška	1	0,03	Konstruktioni čelik	34Cr4	Struganje
11.	Stubna navrtka	2	0,14	Konstruktioni čelik	34Cr4	Struganje
12.	Vijak	1	0,008	Konstruktioni čelik	34Cr4	Struganje
13.	Vođica	1	0,4	Legirani čelik	X22CrNi17	Glodanje, struganje

Tabela 2. Elementi pribora varijanta „B“.

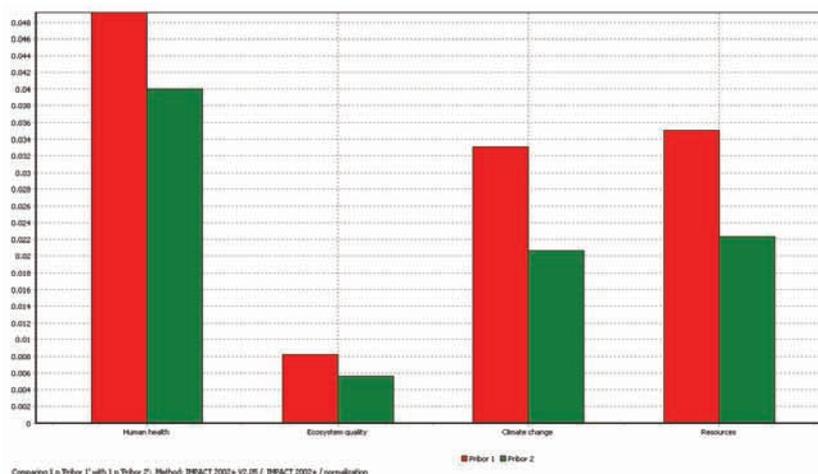
Red. br.	Naziv dela	Kol. [kom]	Masa [kg]	Materijal	Oznaka materijala	Vrsta obrade
1.	Postolje	1	14,67	Čelik	Fe520	Glodanje
2.	Stub nosača	1	0,89	Nelegirani čelik	C-35	Glodanje
3.	Nosač vodica	1	0,82	Nelegirani čelik	C-35	Struganje, bušenje
4.	Stubna podloška	1	0,03	Konstrukcioni čelik	34Cr4	Struganje
5.	Stubna navrtka	2	0,14	Konstrukcioni čelik	34Cr4	Struganje
6.	Obrtni sto	1	6,8	Čelik	Fe520	Struganje, glodanje, bušenje
7.	Obrtna ploča	1	5,14	Čelik	Fe520	Struganje, glodanje, bušenje
8.	Ručica	2	0,1	Konstrukcioni čelik	E275	Struganje, glodanje
9.	Postolje sa stubom	1	2,89	Legirani čelik	X22CrNi17	Struganje
10.	Vijak	1	0,008	Konstrukcioni čelik	34Cr4	Struganje
11.	Vodica	1	0,4	Legirani čelik	X22CrNi17	Glodanje, struganje

Nakon izvršenog definisanja cilja i predmeta, pristupa se narednim fazama LCA metode, a to su ocenjivanje uticaja (LCIA) i interpretacija dobijenih rezultata. Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa je usmereno ka proceni značaja mogućih uticaja na životnu sredinu. Faza LCIA daje i informacije o fazi interpretacije životnog ciklusa. Faza interpretacije treba da obezbedi rezultate konzistentne sa definisanim ciljem i predmetom i područjem primene, koji osiguravaju zaključke, objašnjavaju ograničenja i obezbeđuju preporuke.

Da bi se izvršila ocena stanja, potrebno je proći kroz sledeće korake: klasifikacija inventara procesa u kategorije uticaja, karakterizacija u okviru kategorija (izračunavanje uticaja pomoću karakterizacionih faktora) i normalizacija (upoređivanje sa poznatim, uobičajenim uticajima iz iste kategorije). Iz rezultata karakterizacije, koji su prikazani na slici 4, može se videti da je varijanta pribora "B" bolja od varijante pribora "A" po svim uticajnim kategorijama, osim kada su u pitanju nekancerogene materije i iskopavanje rude.



Slika 4. Rezultati karakterizacije.



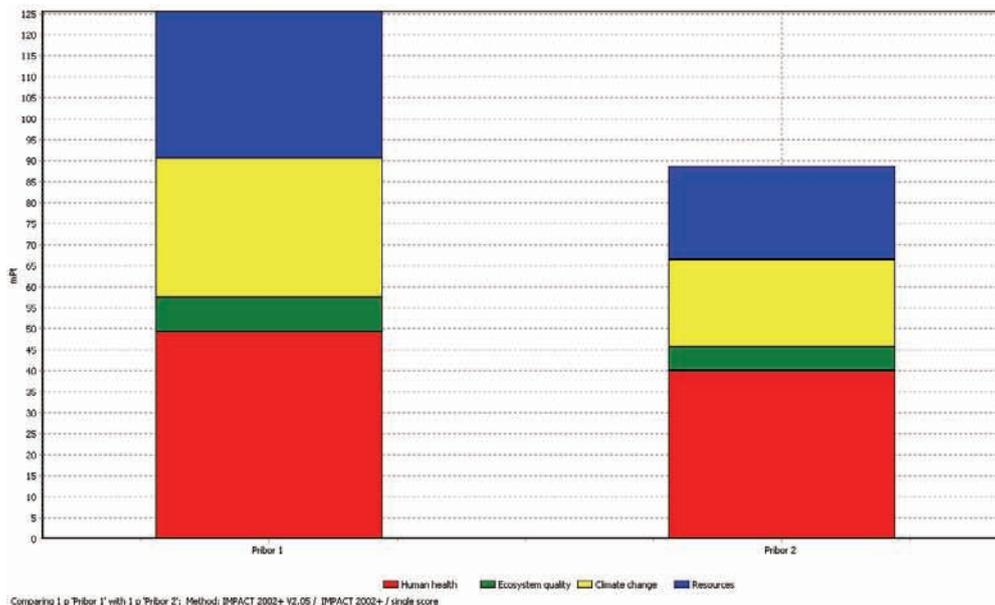
Slika 5. Rezultati normalizacije – uticajne kategorije krajnjeg nivoa

Sledeći korak je normalizacija, koja se sastoji od uticajnih kategorija krajnjeg nivoa (endpoint) i uticajnih kategorija

srednjeg nivoa (midpoint). U ovom koraku, na slici 5, je prikazano da nisu sve uticajne kategorije krajnjeg nivoa

podjednako opterećene, odnosno da nije isti uticaj na ljudsko zdravlje, ekosistem, klimatske promene i prirodne resurse. Ovdje se jasno vidi da je varijanta pribora "B" bolja od varijante pribora "A" po svim uticajnim kategorijama krajnjeg nivoa. Uticajna kategorija koja je najviše opterećena varijantom priborom "A" je uticaj na ljudsko zdravlje i to zbog čestica koje se javljaju pri obradi, a čija je veličina manje od 2,5 μm.

Na slici 6 je prikazan ukupan uticaj pribora 1 (varijanta A) i pribora 2 (varijanta B) na životnu sredinu i njihova komparacija. Uticaj je izražen u pointima, bezdimenzionim jedinicama. Sa slike se jasno može videti koliko koja uticajna kategorija za obe konstrukcije pribora opterećuje životnu sredinu.



Slika 6. Ukupni uticaj (single score) konstrukcija pribora na životnu sredinu

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana implementacija strategija ekodizajna u procese projektovanja pribora. Primenom strategija ekodizajna komparirane su dve moguće konstrukcije pribora. Na osnovu inicijalne konstrukcije pribora-varijanta „A“ proizašla je unapređena konstrukcija pribora-varijanta „B“ kod koje je izvršena minimizacija njegovih negativnih uticaja na životnu sredinu. Obe konstrukcije pribora su veoma slične i imaju veći broj identičnih elemenata. Smanjenje mase pojedinih elemenata je postignuto samo promenom materijala od koga su elementi napravljeni što je doprinelo drastično smanjenju negativnih uticaja na životnu sredinu. Uprkos takvim izmenama, sačuvani su se kvalitet, funkcionalnost, jednostavnost izrade i rukovanja, kao i njegovo održavanje. Pravce daljih istraživanja treba usmeriti na integraciju sistema za projektovanje pribora sa sistemima za projektovanje ekološki podobnog proizvoda u cilju stvaranja jedne integralne celine.

## 6. LITERATURA

- [1] Bi, Z. M., Zhang, W. J.: Flexible fixture design and automation: Review, issues and future directions, International Journal of Production Research, 39, pp. 2867-2894, 2001.
- [2] Zheng, Y., Rong, Y., Hou, Z.: The study of fixture stiffness part I: a finite element analysis for stiffness of fixture units. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 36, pp. 865-876, 2008.

- [3] Kaya, N.: Machining fixture locating and clamping position optimization using genetic algorithms. Computers in Industry, 57, pp. 112-120, 2006.
- [4] Cai, Q. H., Zhong, Q. L., Xin, M. L.: Concept design of checking fixture for auto-body parts based on neural networks, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 30, pp.574-577, 2006.
- [5] Boyle, I. M., Rong, K., Brown, D. C., CAFixD: A Case-Based Reasoning Fixture Design Method Framework and Indexing Mechanisms, Journal of Computing & Information Science in Engineering, 6, pp. 81-90, 2006.
- [6] Cecil J.: Tamil: an integrated fixture design system for prismatic parts. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 17, pp. 421-434, 2004.
- [7] Hamedi, M.: Intelligent Fixture Design through a Hybrid System of Artificial Neural Network and Genetic Algorithm, Artificial Intelligence Review archive, 23, pp.295-311, 2005.

### Kratka biografija:



**Vladimir Sabo** rođen je u Sremskoj Mitrovici 1988. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinskog inženjerstva odbranio je 2013.god.



**Đorđe Vukelić** rođen je u Novom Sadu 1974. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2010. god.

**RACIONALIZACIJA TEHNOLOŠKE PRIPREME PROIZVODNJE GRUPE VRATILA  
RATIONALIZATION TECHNOLOGICAL PREPARATION OF PRODUCTION GROUPS  
SHAFTS**Vladimir Zarić, Dejan Lukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratka sadržaj** – U ovom radu prikazana je metodologija racionalizacije tehnološke pripreme proizvodnje grupe vratila primenom principa grupne tehnologije.

**Abstract** – In this work presents a methodology of rationalization technological preparation of production groups shafts by applying the principles of group technology.

**Ključne reči:** Tehnološka priprema, tehnološki procesi, grupna tehnologija, proizvodni resursi.

**1.0 UVOD**

Osnovna karakteristika trenda razvoja današnje proizvodnje u industriji prerade metala je neprekidno proširenje zahteva tržišta u pogledu asortimana i kvaliteta proizvoda, smanjenje cena i rokova isporuke.

Veliku ulogu u funkcionisanju proizvodnog sistema ima priprema proizvodnje, koja se sastoji od tehničke i operativne pripreme. Tehnička priprema proizvodnje obuhvata dve najvažnije tehničke funkcije proizvodnog sistema.

Prva se odnosi na projektovanje proizvoda, poznata pod nazivom konstrukciona priprema, a druga na projektovanje tehnoloških procesa izrade proizvoda, poznata pod nazivom tehnološka priprema.

Operativna tehnološka priprema obuhvata druge dve funkcije koje se odnose na proračun proizvodnih resursa i upravljanje proizvodnjom [1].

Funkcija tehnološke pripreme rešava sve zadatke vezane za izbor najpovoljnijih tehnoloških rešenja izrade proizvoda, odnosno preciziranje sadržaja tehnološkog procesa i operacija izrade proizvoda, preciziranje i izbor obradnih sistema, pribora, sistema reznih alata, mernih sistema i režima obrade, određivanje normative vremena obradnih i tehnoloških sistema, izradu upravljačkih programa, itd. [2].

Predmet istraživanja u ovom radu se odnosi na racionalizaciju tehnološke pripreme proizvodnje zadate grupe vratila na principima grupne tehnologije. Shodno tome, bilo je potrebno izvršiti racionalizaciju modeliranja ove grupe delova na osnovu odgovarajućeg kompleksnog dela, projektovanje grupnog tehnološkog procesa izrade i njegovo preciziranje za pojedine delove iz grupe, kao i izbor i proračun potrebnih tehnoloških resursa primenom metodologija koje su zasnovane na principima grupne tehnologije [3].

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad poistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Velimir Todić, red.prof.**

**2.0 OSNOVE GRUPNE TEHNOLOGIJE**

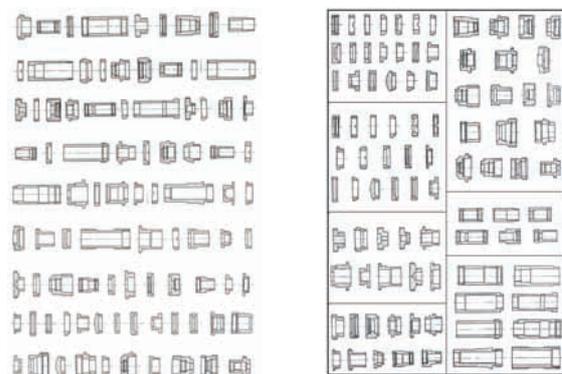
U savremenim proizvodnim sistemima, tehnološka priprema proizvodnje se mora zasnivati na primeni savremenih sistema projektovanja tehnoloških procesa, koji se baziraju na naučnim prilazima i informacionim tehnologijama. Metode projektovanja tehnoloških procesa mogu biti klasične, odnosno manuelne i metode bazirane na primeni računara. Postoje tri različita sistema ili koncepta projektovanja tehnoloških procesa, sistemi individualnog projektovanja i sistemi projektovanja na principima grupne i tipske tehnologije.

Grupna tehnologija je razvijena kao rezultat saznanja [4]:

- Da proizvodnost procesa raste, za konstantne druge veličine porastom serijnosti u procesu proizvodnje, i
- Da sličnost predmeta rada smanjuje rasipanje relevantnih karakteristika i daje mogućnosti lakšeg iznalaženja optimalnih rešenja.

Efekti primene koncepta grupne i tipske tehnologije, mogu se u značajnoj meri iskoristiti u procesima razvoja i projektovanja proizvoda, projektovanja tehnoloških procesa, upravljanja i organizacije proizvodnje, kao i u samoj proizvodnji.

Grupni tehnološki proces, ili grupna operacija izrade, projektuje se i realizuje u proizvodnji za formiranu tehnološku grupu sličnih delova, odnosno odgovarajuće operacijske grupe, kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Klasa rotacionih delova kao tehnološka grupa i formirane operacijske grupe za obradu na strugu [5]

Mitrofanov [5], je u svojim naučnim prilazima, koje je koristio za razvoj koncepta grupne tehnologije, pokazao da se za većinu delova iz proizvodnog asortimana češće radi o mogućnosti primene grupnih operacija na pojedinim vrstama obradnih i tehnoloških sistema.

U savremenim proizvodnim sistemima razvijaju se odgovarajući CAPP sistemi, odnosno sistemi za računarom podržano projektovanje tehnoloških procesa,

koji se mogu zasnovati na principima grupne tehnologije i tada se nazivaju varijantni CAPP sistemi [1,6].

### 3.0 PROJEKTOVANJE GRUPNOG TEHNOLOŠKOG PROCESA

U ovom poglavlju je ukratko prikazan postupak projektovanja grupnog tehnološkog procesa izrade zadate grupe delova oblika vratila, sa oznakama 146.02.18.01, 146.02.200.01 i 146.02.190.01.

Za klasifikaciju datih delova primenjen je klasifikacioni sistem IAMA, odnosno njegov deo koji se odnosi na klasu 2 - delove oblika osovine. U tabeli 1, prikazane su klasifikacione oznake delova, prema posmatranom klasifikatoru, dok je na slici 2 data matrica klasifikacionih brojeva ove grupe delova.

Tabela 1. Klasifikacija vratila prema klasifikatoru za rotacione delove oblika osovine

Redni broj	Broj crteža	Klasifikacioni broj							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	146.02.18.01	2	0	0	5	1	5	0	0
2	146.02.200.01	2	0	2	5	1	5	2	0
3	146.02.190.01	2	1	2	5	0	5	0	0

Redni broj kodnog mesta		→								
Vrednost kodnog mesta ↓		1	2	3	4	5	6	7	8	
	0		0	0		0		0	0	
	1		1			1				
	2	2		2				2		
	3									
	4					5		5		
	5									
	6									
	7									
	8									
9										

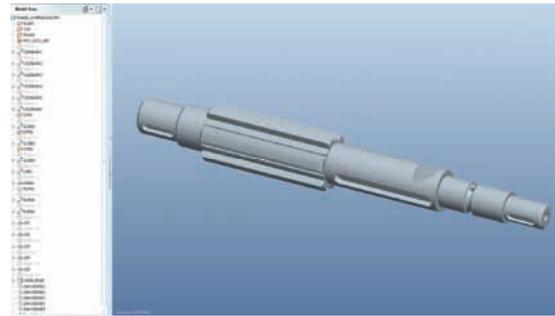
Slika 2. Matrica klasifikacionih brojeva

Posmatrana tehnološka grupa predstavlja istovremeno i operacijsku grupu za koju je potrebno projektovati kompleksni deo. Kompleksan deo treba da sadrži sve geometrijske elemente ili tipske oblike delova iz grupe, tako da projektovani tehnološki proces za njega može da se primeni za izradu bilo kog dela iz grupe.

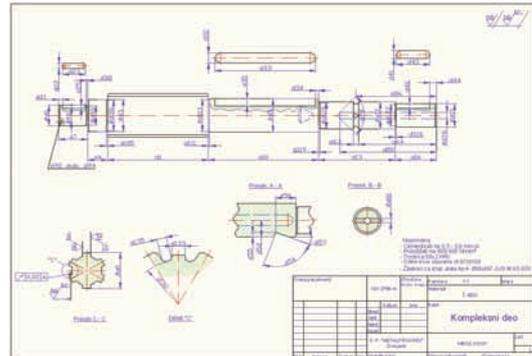
U radu [3] prikazana je primena Pro/E, savremenog CAD/CAM/CAE programskog sistema u automatizaciji projektovanja ove grupe proizvoda na principima grupne tehnologije. Prilikom automatizacije projektovanja proizvoda, iskorišćena je opcija Pro/E, pod nazivom *Family Table*. Ova opcija je namenjena za modeliranje familije sličnih proizvoda, koja omogućuje varijantno i parametarsko projektovanje, kao i razvoj biblioteke delova i sklopova. U okviru ove opcije mogu se varirati objekti kao što su: dimenzije (Dimension), parametri (Parameters), tipski oblici (Feature), i dr.

Analizom predstavljena tri dela došlo se do zaključka da nijedan od delova ne sadrži sve postojeće tipske oblike, tako da se moralo pristupiti projektovanju imaginarnog kompleksnog dela. Da bi se izvršila automatizacija modeliranja delova koji pripadaju ovoj grupi, pristupilo se kreiranju solid modela generičkog, odnosno kompleksnog dela, slika 3. Pri modeliranju kompleksnog dela vodilo se računa da se konstrukcioni elementi kreiraju kao nezavisne celine, odnosno preko tipskih oblika (feature), kako bi se od njega mogli automatski generisati pojedini delovi iz grupe.

Na osnovu modela kompleksnog dela, generisan je njegov 2D crtež, slika 4.

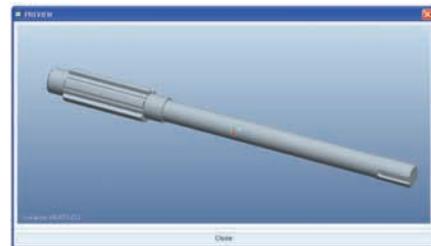


Slika 3. 3D model projektovanog kompleksnog dela



Slika 4. 2D crtež kompleksnog dela

Na bazi modela kompleksnog dela, primenom pomenute opcije Family Table, generisani su modeli pojedinih delova iz grupe, dok je na slici 5, dat prikaz modela vratila 3, oznake 146.02.190.01.



Slika 5. Generisani 3D model vratila 3

Na osnovu projektovanog kompleksnog dela izvršeno je projektovanje grupnog tehnološkog procesa njegove izrade. Prvo je projektovan sadržaj grupnog tehnološkog procesa izrade, slika 6, a potom i odgovarajuće grupne operacije. U nastavku je prikazana projektovana karta grupne operacije, odnosno podoperacije struganja 30/1 izrade posmatranog kompleksnog dela, slika 7.

FTN NOVY BAIJ DEKRETIJAV ZA PROJEKTOVANJE		SADRŽAJ TEHNOLOŠKOG PROCESA				Prilozak	
						Vrednost [mm/min]	
						24	
Oper. no.	NAZIV OPERACIJE	Oper. no.	Oper. no.	Oper. no.	Oper. no.	Oper. no.	Oper. no.
10	Obrada trupca	10	10	10	10	10	10
20	Obrada korpusa	20	20	20	20	20	20
30	Struganje (strug)	30	30	30	30	30	30
40	Struganje (strug)	40	40	40	40	40	40
50	Struganje (strug)	50	50	50	50	50	50
60	Struganje (strug)	60	60	60	60	60	60
70	Struganje (strug)	70	70	70	70	70	70
80	Struganje (strug)	80	80	80	80	80	80
90	Struganje (strug)	90	90	90	90	90	90
100	Struganje (strug)	100	100	100	100	100	100
110	Struganje (strug)	110	110	110	110	110	110
120	Struganje (strug)	120	120	120	120	120	120
130	Struganje (strug)	130	130	130	130	130	130
140	Struganje (strug)	140	140	140	140	140	140

Slika 6. Sadržaj grupnog tehnološkog procesa izrade grupe vratila

FINANSIJASKA DEPARTMAN ZA PROJEKTOVANJE I MAŠINSTVO		KARTA GRUPNE OPERACIJE										Broj operacije: 30/1	
Naziv grupe (delo):		Vrtilo										Lokacija: 30/1	
Materijal:		C420										Klasifikacija: 22.140900	
Vrednost materijala:		24										Skup sa NC operacijama:	
Vrednost usluga:		24										Integracija:	
Broj operacija:		24										Preporučeni (dani):	
Slika 7. Karta grupe podoperacije struganja 30/1													

Slika 7. Karta grupe podoperacije struganja 30/1

#### 4.0 PRIKAZ RACIONALIZACIJE TEHNOLOŠKE PRIPREME PROIZVODNJE GRUPE VRATILA

U konkretnim proizvodnim uslovima veoma često se zahteva brza procena ili proračun vremena i troškova proizvodnje, kao i procena neophodnih proizvodnih resursa i njihove vremenske zauzetosti. Pored brojnih metoda za određivanje ovih karakteristika, postoje i metode koje su zasnovane na principima grupne tehnologije.

Definisani crteži delova, obim proizvodnje i raspoloživi proizvodni resursi čine osnovnu grupu ulaznih podataka za razvoj i projektovanje tehnoloških procesa izrade proizvoda, ali i grupu ulaznih podataka neophodnih za druge funkcije proizvodnog sistema.

U tabeli 2, prikazan je program proizvodnje, sa odgovarajućim podacima, kao što su oznaka i naziv proizvoda, količina, masa i cena.

Tabela 2. Program proizvodnje grupe vratila

Proizvod			Količina	Masa		Cena
No	Oznaka	Naziv	kom/god	kg/kom	kg/god	din/kom
1	146.02.18.01	Vratilo1	80	0,52	41,6	2200
2	146.02.200.01	Vratilo2	80	0,60	48	2800
3	146.02.190.01	Vratilo3	80	0,75	60	5580
Ukupno			240	1,87	149,6	10580

#### 4.1 Metoda zasnovana na reprezentu tehnološke grupe

Izbor reprezentu posmatrane grupe delova izvršen je primenom količinske, masene i vrednosne ABC analize. Odnosno, prvo je izvršeno određivanje procentualnog učešća u ukupnoj veličini date karakteristike, kao i njihov grafički prikaz u vidu kumulativnog dijagrama, a potom analiza dijagrama, kojom su određena područja najvećeg prirasta oznake „A“, značajnog prirasta oznake „B“, kao i područja malog, tj. nedovoljnog prirasta oznake „C“.

Kako je u ABC analizama utvrđeno da proizvod P3, odnosno vratilo 3, oznake 146.02.190.01 (slika 5) ima najznačajnije učešće u količini, masi i ceni, ovaj proizvod je izabran za proizvod predstavnik date grupe vratila.

Na osnovu grupnog tehnološkog procesa posmatrane grupe proizvoda, preciziran je tehnološki proces izrade proizvoda reprezentu, dok je ovde prikazana samo karta operacije, odnosno podoperacije struganja 30/1, slika 8.

Stepen vremenskog iskorišćenja obradnih sistema za izradu grupe vratila određen je na osnovu vremena operacija obrade reprezentu i redukovanih količina. Metod redukcije količina proizvodnog programa određen

je na osnovu redukovanih koeficijenata koji uzimaju u obzir odnose težina, sličnosti oblika, sličnosti materijala, dimenzija i drugih parametara [2,4].

FINANSIJASKA DEPARTMAN ZA PROJEKTOVANJE I MAŠINSTVO		KARTA GRUPNE OPERACIJE										Broj operacije: 30/1	
Naziv grupe (delo):		Vrtilo										Lokacija: 30/1	
Materijal:		C420										Klasifikacija: 22.140900	
Vrednost materijala:		24										Skup sa NC operacijama:	
Vrednost usluga:		24										Integracija:	
Broj operacija:		24										Preporučeni (dani):	
Slika 8. Karta podoperacije struganja 30/1 proizvoda P3													

Slika 8. Karta podoperacije struganja 30/1 proizvoda P3

U tabeli 3, prikazani su svi potrebni podaci i redukcioni faktori, na osnovu kojih je izvešen proračun redukovane količine za posmatranu grupu delova.

Tabela 3. Redukcija programa proizvodnje

R.br.	qj [kom/god]	mj [kg/kom]	sj	rm	rs	ru	qrj
P1	80	0,52	0,6	0,69	0,6	0,414	33
P2	80	0,6	0,8	0,8	0,8	0,64	51
P3	80	0,75	1	1	1	1	80
<b>Ukupno</b>	<b>240</b>	<b>1,87</b>					<b>164</b>

Zbog jednostavnijeg određivanja tehnološkog ciklusa obrade, usvojena je vrednost  $Q_{red} = 170$  kom/god.

Ukupno vreme operacija obrade reprezentu "Ti" se dobija množenjem ukupne redukovane količine sa komadnim vremenima svake operacije:

$$T_i = Q_{red} \cdot t_k \quad (1)$$

Ukupno vreme zauzetosti obradnog sistema se računa prema:

$$T_u = n_s \cdot T_{pz} + T_i \quad (2)$$

Stepen vremenskog iskorišćenja "η" je količnik ukupnog vremena obrade reprezentu i efektivnog kapaciteta elemenata sistema:

$$\eta = T_u / K_e \quad (3)$$

gde je:

$$K_e = m_e \cdot s_e \cdot n_e \cdot \eta_e \quad (4)$$

- $m_e = 250$  radnih dana u godini
- $s_e = 2$  smene/dan
- $n_e = 7,5$  h/smeni
- $\eta_e = 0,8$  stepen iskorišćenja
- $K_e = 180000$  min/god

U tabeli 4, prikazani su proračunati stepeni vremenskog iskorišćenja obradnih sistema za izradu posmatrane grupe delova u toku jedne godine.

U tabeli 5, prikazan je proračun potrebnih količina pojedinih alata "Qa", na bazi vremena obrade predstavnika posmatrane grupe vratila, prema [2].

S obzirom da je u projektovanom grupnom tehnološkom procesu usvojena toplo valjana šipka kao vrsta priprema za izradu posmatranih vratila, u tabeli 6 je prikazan proračun potrebnih količina ovih šipki, pri čemu je uzeto da je standardna dužina šipke 6m.

Tabela 4. *Stepen vremenskog iskorišćenja izabranih obradnih sistema*

Br. Oper.	tk [min/oper]	TPz [min/ser]	Qred [kom/god]	Tu [min/god]	$\eta$
10	0,65	10	170	211	0,0012
20	1,15	15		350	0,0019
30	2,83	30		781	0,0043
40	3	10		610	0,0034
50	9,3	25		1831	0,0102
60	2,2	25		624	0,0035
70	-	15		-	-
80	1	10		270	0,0015
90	5	10		950	0,0053
100	3	10		610	0,0034
110	4,4	25		1000	0,0056
120	8,5	30		1745	0,0097
130	2	10		440	0,0024
140	5	10		950	0,0053

Tabela 5. *Potrebna količina pojedinih reznih alata*

Normativ alata										
Alat				Podaci						
	Ozn	Naziv	T	tc	Qred	i	z1	a1	Qa Pror.	Qa Usv.
1	T.01	Nož za uzdužno grubo struganje	15	1,02	170		2	0,9	10,4	11
2	T.02	Nož za uzdužno završno struganje	15	1,37			2	0,9	13,9	14
3	T.04	Nož za usecanje	15	0,44			2	0,9	4,5	5

Tabela 6. *Potrebna količina potrebnih toplo-valjanih šipki*

No	Toplo-valjana šipka ØD [mm]	Dužina priprema [mm]	Količina [kom/god]	Ukupna dužina [mm]	Broj šipki	
					Pror.	Usv.
1	37	156	80	12480	2,08	3
2	35	195	80	15600	2,6	3
3	34	307	80	24560	4,09	5

#### 4.2 Grafo-analička metoda

U cilju određivanja ukupnog vremena obrade operacijske grupe na određenom obradnom sistemu grafo-analičkom metodom, potrebno je izdvojiti najjednostavniji i najslabiji deo te grupe i na osnovu odgovarajuće grupne operacije definisati vreme operacije obrade za tako izabrane delove. Kriterijum za izbor najjednostavnijeg i najslabijeg dela operacijske grupe određuje se na osnovu najmanjeg i najvećeg broja zahvata obrade ovih delova na posmatranoj operaciji [2]. Tako je u tabeli 7, prikazana matrica zahvata obrade na operaciji struganja.

Tabela 7. *Matrica zahvata obrade na operaciji struganja*

	Deo	Zahvati operacije struganja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Ukupno zahvata
1	Vratilo1	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	9
2	Vratilo2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	10
3	Vratilo3	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	8

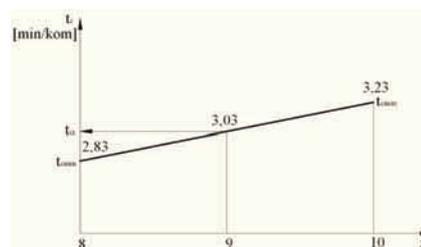
Ukupno ciklusno vreme obrade jedne operacijske grupe proizvoda, odnosno delova, može se odrediti na osnovu sledećeg izraza:

$$T_c = \sum_{i=1}^k Q_i \cdot t_{ci} \quad (5)$$

gde su:

- k - broj različitih delova operacijske grupe
- $Q_i$  - broj pojedinih delova operacijske grupe
- $t_{ci}$  - ciklusno vreme obrade pojedinih delova operacijske grupe.

Preciziranjem karti operacija obrade struganjem za najjednostavniji i najslabiji deo date operacijske grupe, određena su odgovarajuća ciklusna vremena, na osnovu kojih je nacrtan dijagram sličnosti, slika 9. Na osnovu ovog dijagrama očitano je ciklusno vreme za preostali deo iz grupe, što je prikazano u tabeli 8, a nakon toga je dat prikaz izračunatih vremena prema predhodnom izrazu.



Slika 9. *Dijagram ciklusnog vremena obrade struganjem tehnološke grupe*

Tabela 8. *Podaci za ciklusna vremena tehnološke grupe*

Deo	Ciklusno vreme [min/kom]
Vratilo1	3,03
Vratilo2	3,23
Vratilo3	2,83

Ukupno ciklusno vreme posmatrane tehnološke grupe pri obradi struganjem, prema izrazu (5) iznosi:

$$T_c = 80 \cdot 3,03 + 80 \cdot 3,23 + 80 \cdot 2,83$$

$$T_c = 728 \text{ min/god}$$

#### 5.0 ZAKLJUČAK

Osnovni cilj ovog rada se odnosio na unapređenje i racionalizaciju tehnološke pripreme proizvodnje, primenom koncepta grupne tehnologije.

Verifikacija je izvršena na primeru grupe vratila, za koju je projektovan grupni tehnološki proces izrade za odgovarajući kompleksni deo, a potom i proračun proizvodnih resursa primenom metoda koje se baziraju na principima grupne tehnologije. Na ovaj način su racionalizovane pojedine aktivnosti tehnološke pripreme proizvodnje zadate grupe delova.

#### 6.0 LITERATURA

- [1] V. Todić: "Projektovanje tehnološkog procesa", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2007.
- [2] V. Todić: "Tehnološka logistika i preduzetništvo", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2011.
- [3] V. Zarić: "Racionalizacija tehnološke pripreme proizvodnje grupe vratila" - Diplomski-master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2013.
- [4] D. Zelenović: "Projektovanje proizvodnih sistema", Naučna knjiga, Beograd, 1987.
- [5] S. P. Mitrofanov: "Naučnaja organizacija mašinstroiteljnova proizvodstva", Mašinstrojenije, Lenjingrad, 1976.
- [6] B. Babić: "Projektovanje tehnoloških procesa", Mašinski fakultet, Beograd, 1999.

#### Kratka biografija:



**Vladimir Zarić**, rođen je 1987. godine u Sremskoj Mitrovici. Diplomski-master rad iz oblasti Mašinstva – Proizvodno mašinstvo odbranio je 2013. godine.

**SIMULACIJA OBRADJE REZANJA U PROGRAMSKOM PAKETU ANSYS  
CUTTING PROCESS SIMULATION USING ANSYS SOFTWARE**Nenad Kulundžić, Pavel Kovač, Borislav Savković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je prikazan savremeni prilaz u ispitivanju naponskog stanja i stanja deformacija u obradi rezanja primenom programskog paketa ANSYS. Ispitivanja su vršena na obratku od Steel (Čelik) 1006. Izvršene su simulacije obrade rendisanja i prikazana su naponska stanja tokom procesa. Strugarski nož i obradak su modelirani u programskom paketu Pro/Engineer WF 4, a simulacija rezanja u programskom paketu ANSYS 14. Definisanjem mreže konačnih elemenata, brzine rezanja i karakteristika materijala, omogućena je detaljna analiza naponskog stanja, stanja deformacija kao i izgled samog procesa rezanja.

**Abstract** – This thesis presents a modern approach of study of stress, strain and deformation in the cutting process using Ansys software package. Examinations are done on the work piece made of Steel 1006. Simulations of a planing process are performed and stress results are shown. Cutting tool and work piece are modeled using Pro/Engineer WF 4 software package, and cutting simulation are done using ANSYS 14. Defining a finite element mesh, cutting speed and material characteristic provided a stress, strain and deformation analysis with a lot of details and also appearance of the cutting process.

**Ključne reči:** Rendisanje, simulacija, ANSYS, naponsko stanje, eksplicitna dinamika

**1. UVOD**

Obrada rezanjem je jedan od najznačajnijih i najuobičajenijih proizvodnih procesa u industriji obrade metala. Ekonomičnost proizvodnje u industriji obrade metala ostvaruje se, pre svega, optimalnim izborom svih faktora koji utiču na proces rezanja [1].

Primena računara donela je revolucionarne promene u domenu najrazličitijih inženjerskih i naučnih disciplina, a jedna od prvih bila je oblast mehanike čvrstih tela. U mnoštvu računarskih postupaka za izračunavanje, nastalih u protekle četiri decenije, daleko je najšire prihvaćena i razvijana metoda konačnih elemenata koja je, u sadašnjem obliku, nastala krajem pedesetih godina. Teoretske osnove metode postavili su Hrenikoff (1941. god.) i Courant (1943. god.), dok se Levy-ju pripisuje prva praktična primena trougaonih konačnih elemenata radi proučavanja ravanskog naponskog stanja na jednoj avionskoj konstrukciji.

Sredinom pedesetih godina usledila je intenzivnija primena metode u oblasti avioindustrije, pri čemu se

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Pavel Kovač, red. prof.**

beleže radovi timova iz Boeing-a u SAD (M.J. Turner, Ray W. Clough, Harold Clifford Martin i LeRoy J. Topp) i Velikoj Britaniji (J.H. Argyris i Sydney Kelsey). Na predlog američkog istraživača Clough-a, metoda je 1956. godine dobila svoj današnji naziv - metoda konačnih elemenata (MKE) - (Finite Elements Method - FEM).

Noviji period razvoja obeležen je pojavom MKE sistema koji rade sa diskretnim elementima, omogućavajući na taj način simulaciju procesa isticanja gasova velikim brzinama. Iz razloga relativne složenosti ove vrste problema, pomenuti sistemi su još uvek predmet interesovanja uskog kruga specijalista.

Proteklih godina, analiza metodom konačnih elemenata je postala glavna metoda u procesu simulacije rezanja metala. Nedavno su razvijeni programski sistemi bazirani na metodi konačnih elemenata, koji su isključivo namenjeni simulaciji procesa rezanja [2].

**2. CILJEVI RADA**

Polazeći od brojnih mogućnosti koje, na polju primene metode konačnih elemenata, pruža programski sistem ANSYS verzije 14 i njegov modul ANSYS Workbench, u ovom radu je izvršena simulacija odlamanja strugotine pri procesu rezanja.

Cilj ovog rada je da se računarski analiziraju naponi kod struganja, primenom metode konačnih elemenata u programskom paketu Ansys.

**3. METOD KONAČNIH ELEMENATA**

Složeni geometrijski oblici, kao i složena opterećenja nosećih i prenosnih elemenata mašina uslovljavaju i složenost njihove analize i proračuna. Osnovna klasifikacija analiza i proračuna je podela na analitičke i numeričke. Obe metode, a posebno numerička, su se razvile u više pravaca.

MKE spada u savremene metode numeričke analize. Teorijske osnove metode konačnih elemenata su postavljene pedesetih godina, ali u praktičnu primenu ulazi sa intenzivnijom primenom računara. Nastala je iz potrebe za izračunavanjem napona i deformacija, a sa razvojem same metode povećao se i broj veličina koje se mogu izračunati u okviru statičke, dinamičke, termičke, elektromagnetne i drugih analiza [3].

MKE spada u metode diskretne analize. Zasniva se na fizičkoj diskretizaciji posmatranog domena. Posmatrani kontinuum sa beskonačnim brojem stepeni slobode se aproksimira diskretnim modelom međusobno povezanih konačnih elemenata sa konačnim brojem stepeni slobode. Suština aproksimacije kontinuuma po MKE se sastoji u sledećem:

- posmatrani domen kontinuuma se deli na poddomene konačnih dimenzija koji se nazivaju konačnim elementima i zajedno čine mrežu konačnih elemenata.

- konačni elementi su međusobno povezani u konačnom broju tačaka koje se nalaze na konturi elemenata i nazivaju se čvorovi

- stanje promenljive polja u svakom konačnom elementu se opisuje pomoću interpolacionih funkcija (ili funkcija oblika)

- interpolacione funkcije su unapred zadate funkcije za jedan tip konačnog elementa i predstavljaju vezu između vrednosti promenljive polja u bilo kojoj tački konačnog elementa i vrednosti promenljive polja u čvorovima [4].

#### 4. PROGRAMSKI PAKET ANSYS

ANSYS (Engeneering ANalysis SYStem) je jedan od najpoznatijih programskih paketa za proračun uz pomoć MKE i poseduje mnoge mogućnosti analiziranja pomoću iste, od jednostavnih, linearnih, statičkih analiza do kompleksnih, nelinearnih, dinamičkih analiza. Služi za rešavanje problema iz različitih disciplina: teorija konstrukcija, provođenje toplote, elektromagnetizma, akustike, mehanike fluida ili kombinacije ovih oblasti.

Analiza u ovom programskom paketu zasniva se na tri glavna zadatka:

- preprocesiranje (definisanje i oblikovanje modela)
- procesiranje (primena opterećenja i dobijanje rezultata)
- postprocesiranje (analiza dobijenih rezultata).

ANSYS Workbench predstavlja glavni meni u kome se realizuju projekti. Sadrži veliki broj različitih opcija koje omogućavaju realizaciju glavna tri zadatka koja se postavljaju pred ANSYS. Podeljen je u dve glavne oblasti:

- Toolbox i
- Project Schematic.

ANSYS Explicit Dynamics pomaže korisnicima da upoznaju zahteve rešenja različitih složenosti baziranih na osnovu detalja i iskustva korisnika.

ANSYS Explicit Dynamics pomaže inženjerima da istraže širok spektar izazova:

- kratko vreme trajanja, složeni kontakti
- kvazistatiku
- viskobrzi i hiperbrzi uticaji
- velika opterećenja koja daju velike deformacije materijala
- lom materijala
- fragmentaciju materijala
- mehanički prodor
- uticaj prostornih krhotina
- projektovanje sportske opreme
- proces proizvodnje sa nelinearnom plastičnom reakcijom
- simulacija – udarni test
- eksplozivno opterećenje
- eksplozivno formiranje
- interakcija eksplozivne strukture [3]

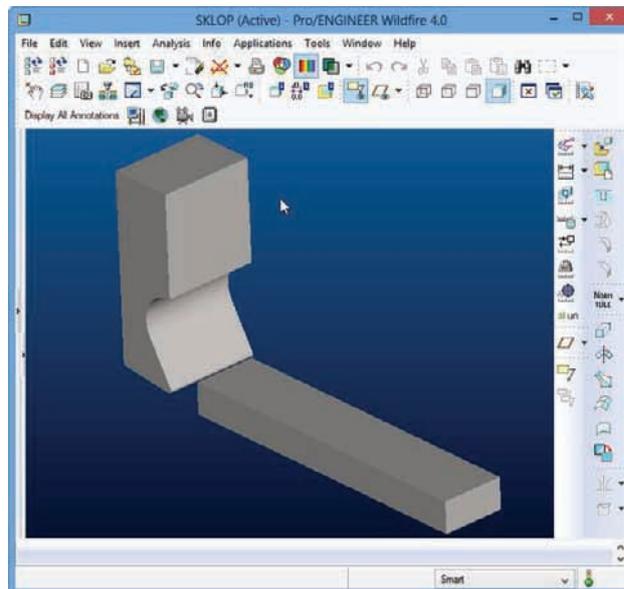
#### 5. SIMULACIJA KONKRETNOG PROCESA U PROGRAMSKOM PAKETU ANSYS

Računarska analiza naponskog stanja pri struganju realizovana je primenom programskog paketa opšte namene ANSYS Workbench 14, odnosno njegovog modula Explicit Dynamics.

Pri računarskoj analizi simulirana je obrada za vremenski period od 1s, odnosno jedan prolaz.

#### 5.1. Izrada geometrijskog modela

U ovom radu je korišćen programski paket Pro/ENGINEER verzije Wildfire 4.0 F000 32-bit za modeliranje modela (slika 1.), koji su kasnije uvezeni u programski paket Ansys.



Slika 1. Izmodelirani alat i obradak u programskom paketu Pro/ENGINEER

#### 5.2. Definisanje materijala

Prilikom statičke, dinamičke i drugih analiza, kao prvi korak neophodno je definisati materijale modela koji se analiziraju. U okviru programskog paketa ANSYS nalazi se biblioteka sa nekim materijalima i njihovim karakteristikama.

Karakteristike materijala mogu biti:

- linearne i nelinearne
- izotropne, ortotropne i anizotropne
- zavisne i nezavisne od radne temperature

Kod izotropnih materijala to su:

- modul elastičnosti
- poasonov koeficijent
- modul klizanja
- modul elastičnosti u jednom pravcu
- koeficijent trenja
- koeficijent toplotne provodljivosti
- specifična toplota.

Ukoliko materijal ne postoji u biblioteci materijala, njegove karakteristike se mogu definisati i dodati u biblioteku. Koje karakteristike se upotrebljavaju za proračun zavisi od vrste proračuna koji se izvodi.

Potrebni materijali su odabrani u biblioteci materijala. Za alat Steel 4340, a za obradak Steel 1006.

#### 5.3. Uvoz modela

Za uvoz modela korišćen je IGES fajl, koji je prethodno izvežen iz programskog paketa Pro/Engineer. IGES je neutralan standardni format. Translatorni filter omogućava uvoženje parcijalnih fajlova i moguće je uvesti pojedine delove modela.

#### 5.4. Definisanje parametara za simulaciju

U definisanje parametara za simulaciju spada definisanje:

- modela
- koordinatnog sistema
- povezanost

- umrežavanje modela
- brzine kretanja alata u odnosu na obradak
- trajanje simulacije
- odabir rezultata.

Alat je definisan kao Rigid (potpuno krut) i materijala Steel 4340, dok je obradak definisan kao Flexible (fleksibilan) i materijala Steel 1006. Akcenat je stavljen na obradak, dok se alat ne deformiše.

Za koordinatni sistem je zadržan globalni koordinatni sistem, jer zadovoljava veoma prosto podešavanje kretanja alata u odnosu na obradak. Moguće je definisati koordinatne sisteme za svaki model ili globalni koordinatni sistem izmeniti.

Nije definisana povezanost modela, jer su modeli razdvojeni u početnoj fazi simulacije.

Umrežavanje modela pomoću MKE je oblast, koja se posebno proučava. Od mreže formirane na modelu zavisi koliko će izvršavanje simulacije trajati, kolika je tačnost simulacije itd. Za formiranje mreže korišćene su komande *Refinement* i *Face Sizing*. Komanda *Refinement* od 2 puta, gde je selektovana površina vrha noža alata. Uz pomoć ove komande dobija se realnije i finija ivica alata.

*Face Sizing* je korišćen na obratku, gde je bočna površina selektovana i kubna struktura usitnjena na 0,1mm. Ovo je veoma gusta mreža i potrebno je više od 10 dana izvršavanja simulacije na prosečnoj radnoj stanici.

Brzina kretanja alata u odnosu na obradak je 60mm/s u trajanju od 1s.

U radu su prikazani rezultati napona pri simulaciji procesa rezanja.

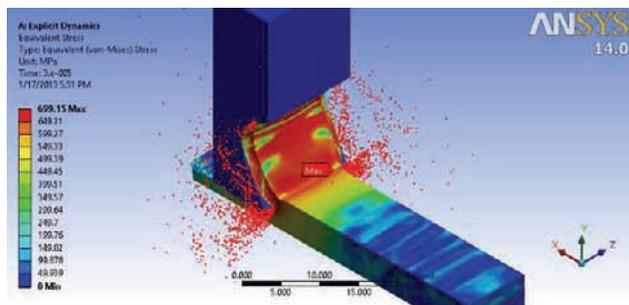
## 6. REZULTATI SIMULACIJE

Rezultati simulacije su slikovito prikazani u radu. Sa servera se može skinuti video zapis, kao i slike u većem formatu do 25.01.2014. godine, odlaskom na sledeći link: [https://dl.dropbox.com/u/54450604/Kulundzic\\_Nenad\\_Zbornik.rar](https://dl.dropbox.com/u/54450604/Kulundzic_Nenad_Zbornik.rar)

Nijanse boja od plave do crvene predstavljaju slikovito napone koji se javljaju na ispitanom obratku. Na slikama se mogu videti maksimalna vrednost napona, koji su prikazani slikovito 

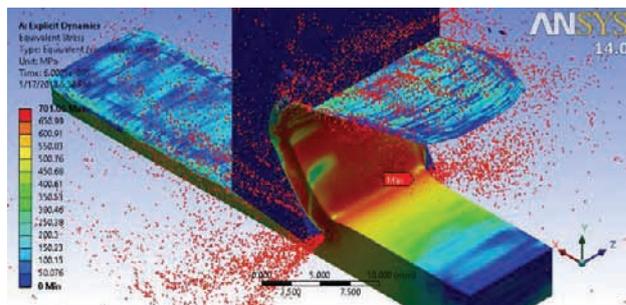
Izvršavanje simulacije na prosečnoj radnoj stanici odrađivalo je 8 dana, što govori koliko je zadatak simulacije zahtevna.

Na slici 2. je prikazana simulacija posle 0,3s i maksimalnog napona u tom trenutku od 699,15 MPa.



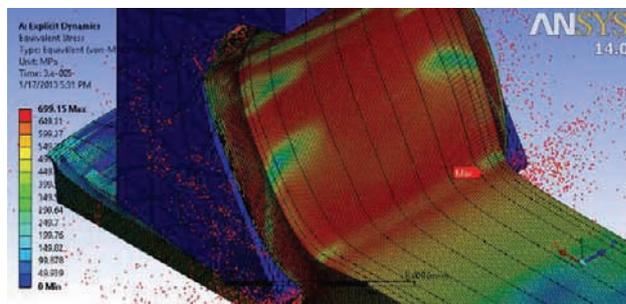
Slika 2. Prikaz simulacije posle 0,3s i maksimalnog napona u tom momentu od 699,15 MPa

Na slici 3. prikazana je simulacija posle 0,6s i maksimalnog napona od 701,06 MPa.



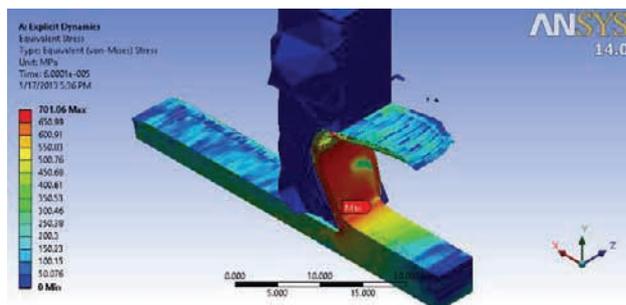
Slika 3. Prikaz simulacije posle 0,6s i maksimalnog napona od 701,06 MPa

Na slici 4. je prikazan određeni trenutak simulacije koji uvećan, gde se, na osnovu crvenih nijansi boja, može uočiti da su naponi visoki. Prikaz mreže vidljivih elemenata modela je izvršen uz pomoć komande *Show Elements*. Takođe se na slici može videti i krupnoća formirane mreže. Na slici je prikazana simulacija u trenutku od 0,6s i maksimalnog napona od 676,68 MPa.



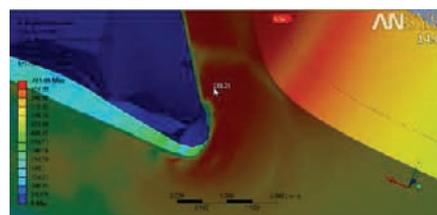
Slika 4. Prikaz mreže vidljivih elemenata modela izvršen uz pomoć komande *Show Elements*

Na slici 5. prikazana je simulacija sa novom ravni preseka po dužini alata i obratka, posle 0,6s i maksimalnog napona od 701,06 MPa.



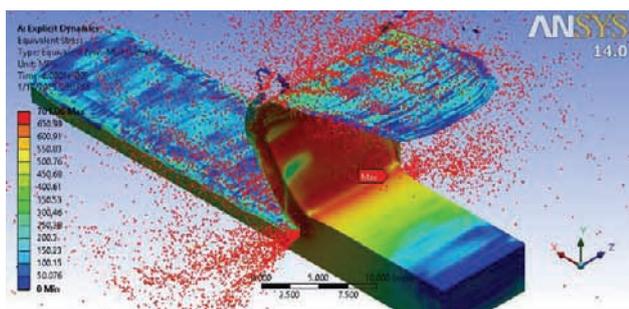
Slika 5. Prikaz preseka alata i obratka po dužini posle 0,6s i maksimalnog napona od 701,06 MPa

Na slici 6. prikazan je uvećani deo preseka alata i obratka po dužini, posle 0,6s i maksimalnog napona od 701,06 MPa.



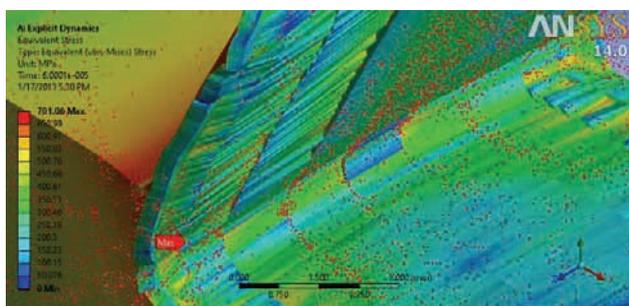
Slika 6. Uvećani deo preseka alata i obratka po dužini, posle 0,6s i maksimalnog napona od 701,06 MPa

Na slici 7. je prikazan obradak posle 0,6s i maksimalnog napona od 701,06 MPa. Alat je sakriven u prikazanom trenutku.



Slika 7. Prikazan obradak posle 0,6s i maksimalnog napona od 701,06 MPa

Na slici 8. je prikazani uvećani deo modela, gde deluje alat posle 0,6s i maksimalnog napona od 701,06 MPa.



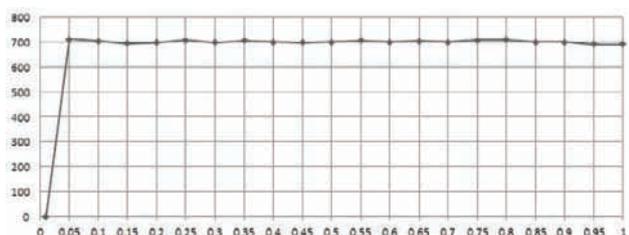
Slika 8. Izgled obratka prilikom sakrivanja alata, posle 0,6s i maksimalnog napona od 701,06MPa

Na slici 9. je prikazana tabela maksimalnih vrednosti napona u MPa, posle određenih vremenskih intervala u sekundama.

Tabular Data		
Time [s]	Minimum [MPa]	Maximum [MPa]
1	0.	0.
2	0.05	711.65
3	0.1	703.95
4	0.15	695.55
5	0.2	699.49
6	0.25	709.25
7	0.3	699.15
8	0.35	706.42
9	0.4	701.19
10	0.45	699.75
11	0.5	700.84
12	0.55	706.63
13	0.6	701.06
14	0.65	703.98
15	0.7	700.66
16	0.75	708.78
17	0.8	711.02
18	0.85	701.05
19	0.9	702.03
20	0.95	692.6
21	1.	691.87

Slika 9. Maksimalne vrednosti napona u MPa, posle određenih vremenskih intervala u sekundama

Na slici 10. prikazan je dijagram napona u MPa u odnosu na vreme u sekundama.



Slika 10. Dijagram napona u MPa u odnosu na vreme u sekundama

## 7. ZAKLJUČAK

Na osnovu analize urađene u programskom paketu ANSYS, utvrđeno je da se naponska stanja mogu ispitivati na ovaj način, sa tim da nisu uzete u obzir greške u materijalu, koje nastaju kao posledica dobijanja datog materijala i kao posledica mašinske obrade alata i obratka. Ovaj način ispitivanja će biti isplativ kod složenih sklopova, koji su mnogo skuplji za pripremu, a njihova ispitivanja u realnim uslovima bi bila daleko skuplja, nego ispitivanja u programskom paketu ANSYS.

Kod rezultata dobijenih ispitivanjem u programskom paketu ANSYS treba uzeti u obzir greške koje se javljaju u materijalu tokom njegovog dobijanja i obrade, kao i vibracije na svim mašinama.

## 8. LITERATURA

- [1] Kovac, P., Savkovic, B., Mijic, A., Sekulic, M.: Analytical and experimental study of cutting force components in face milling, Časopis: Journal of Production Engineering, Novi Sad 2011, UDK 621, Vol.14, No.1, str. 15- 18, ISSN 1821-4932
- [2] Kovac, P., Gostimirovic, M., Sekulic, M., Savkovic B.: A review to advanced modeling and simulation of machining process, Časopis: Journal of Production Engineering, Novi Sad 2009, UDK 621, Vol.12, No.1, str. 17- 22, ISSN 1821-4932
- [3] <http://mfkg.kg.ac.rs/centri-fakulteta/centar-za-virtuelnuproizvodnju/download/SZnanja/NumSim/KonacniE12.pdf>, 28.08.2012.
- [4] <http://www.ansys.com/staticassets/ANSYS/staticassets/resourcelibrary/brochure/ansys-explicit-dynamics-brochure-14.0.pdf>, 04.01.2013.

### Kratka biografija:



**Nenad Kulundžić** rođen je u Kraljevu 1988. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog mašinstva iz predmeta Visokoproduktivne obrade 2013.god.



**Pavel Kovač** rođen je u Bačkom Petrovcu 1950. Magistarski rad je odbranio 1980. god, a doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1987. god.. Od 1998. je u zvanju redovnog profesora. Autor je 5 univerzitetska udžbenika i 2 monografije. Oblast interesovanja su procesi obrade skidanjem materijala.



**Borislav Savković** rođen je u Novom Sadu 1982. god. Diplomski-master rad iz oblasti Rezanje metala odbranio je 2008. god., od 2009. god. je u zvanju asistent. Oblast interesovanja su procesi obrade skidanjem materijala i simulacije.

**ANALIZA TOPOGRAFIJE GRUDNE POVRŠINE MODELSKIH ALATA ZA OBRADU OZUBLJENJA****ANALYSIS OF THE RAKE SURFACE TOPOGRAPHY OF MODEL TOOLS FOR GEAR TEETH MACHINING**Mladen Ninković, Ivan Sovilj-Nikić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – Površine tvrdih tela, obrađene bilo kojom vrstom obrade, sadrže na sebi manje ili veće neravnine, koje bitno utiču na eksploatacione karakteristike tribomehaničkih elemenata. U ovom radu se analizira topografija grudne površine oslojenih i neoslojenih modelskih jednozubih odvalnih glodala, različitih modula. Takođe na osnovu izvedenih eksperimentalnih istraživanja uporedno su analizirani parametri topografije nepohabanih i pohabanih alata za sve proučavane module.

**Abstract** – Solid body surfaces, treated by any kind of machining, contain more or less unevenness, which significantly affect the performance of tribo-mechanical elements. In this paper, the rake surface topography of different modules of coated and uncoated model single tooth hob milling tool is analyzed. Also on the basis of the experimental research topography parameters of unworn and worn tools for all studied modules were comparatively analyzed.

**Cljučne reči:** topografija, hrapavost, alati za obradu ozubljenja

**1. UVOD**

Pojava prenosnika snage i ozubljenih delova datira još iz antičkih vremena. U Kini, Mesopotamiji i Egiptu pronađeni su delovi i sklopovi uređaja za navodnjavanje sa ozubljenim prenosnim elementima. Osim za poljoprivredu, takvi uređaji su razvijani u građevinarstvu, za ratne svrhe i dr.

Prve teoretske osnove o glavnim elementima zupčastih prenosnika dali su Kami (1690-1768) i Ojler (1701-1783). Početkom industrijske ere dolazi do naglog razvoja ovog područja. Pojava parne mašine podstakla je i pojavu velikog broja radnih mašina, pa su elementi sa ozubljenjima postali neophodni [1].

Savremena obrada ozubljenja cilindričnih zupčanika se najčešće izvodi metodama relativnog kotrljanja odnosno odvalnim glodanjem i odvalnim rendisanjem.

Odvalno glodanje nalazi najširu primenu pri obradi ozubljenja cilindričnih zupčanika zahvaljujući visokoj produktivnosti procesa. Komplikovane kinematske i geometrijske veze između odvalnog glodala i obratka stvaraju niz teškoća i problema, koji sprečavaju optimalno korišćenje alata i mašine.

**NAPOMENA:**

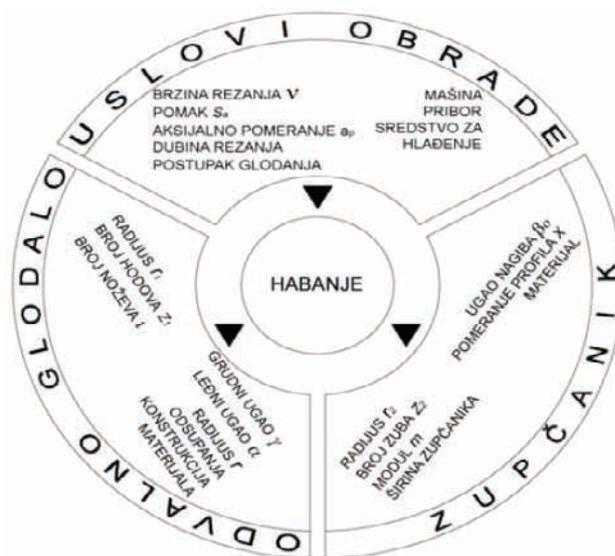
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Bogdan Sovilj.

Visoki zahtevi savremenog mašinstva u pogledu kvaliteta i pouzdanosti mehaničkih prenosnika neizbežno uključuju tehnološko nasleđe u procesu projektovanja i izrade proizvoda. Tehnološko nasleđe karakteriše se topografijom kontaktnih površina.

**2. TOPOGRAFIJA POVRŠINA**

Kod obrade ozubljenja odvalnim glodanjem osnovni tribomehanički sistem čini obradak, alat i sredstvo za hlađenje i podmazivanje. Priroda materijala elemenata sistema, opterećenja u zoni kontakta, relativne brzine, topografije kontaktnih površina i temperatura u zoni kontakta utiču na karakteristike tribomehaničkog sistema. Unapređenje procesa odvalnog glodanja značajno je i korisno kako za proizvođače zupčanika, tako i za proizvođače odvalnih glodala. Postoje mnogobrojni faktori koji utiču na proces odvalnog glodanja. Ti faktori, kao i njihovi međusobni uticaji, čine proces habanja teškim za proučavanje.

Na slici 1. [2] prikazani su faktori koji utiču na habanje tokom procesa odvalnog glodanja [2].



Slika 1 Faktori koji utiču na habanje tokom procesa odvalnog glodanja

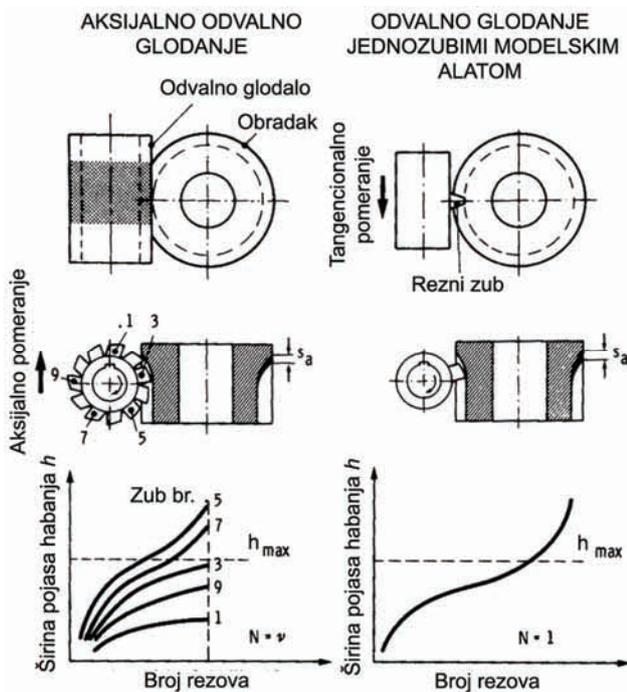
Pri definisanju postojanosti odvalnog glodala neophono je izvesti dugotrajna eksperimentalna ispitivanja, koja zahtevaju znatna sredstva i napore, a izuzetno teško ih je sprovesti u realnom procesu proizvodnje. U cilju pojednostavljenja ovih eksperimenata traga se za brzim i jeftinim postupcima ispitivanja koji će dati pouzdane informacije o istraživačkom procesu obrade.

Za proces odvalnog glodanja postoji mogućnost da se umesto integralnim odvalnim glodalom vrše istraživanja jednozubim alatom [3, 4].



Slika 2. Integralno i odvalno glodalo i modelsko jednozubno odvalno glodalo

Na Fakultetu tehničkih nauka u Laboratoriji za tribologiju održavanje i alate za obradu rezanjem projektovana je i izvedena konstrukcija modelskog odvalnog alata prikazanog na slici 2 desno.



Slika 3. Poređenje odvalnog glodanja integralnim i modelskim alatom

Na slici 3 [3, 4] prikazano je poređenje procesa odvalnog glodanja integralnim i modelskim alatom.

Proces odvalnog glodanja je jedna od najznačajnijih karika u lancu mehaničke obrade, jer od metode obrade i primenjenog alata u velikoj meri zavisi produktivnost, završna geometrijska tačnost i kvalitet površine ozubljenja. Razvojem tehnologije odvalnog glodanja, odvalno glodanje se uspešno primenjuje, kako u gruboj obradi, tako i u završnoj obradi ozubljenja. Zbog toga je porastao zahtev za optimizaciju procesa, kako sa stanovišta kvaliteta površine, tako i sa stanovišta produktivnosti. Preduslov za uspešnu optimizaciju i adaptivno upravljanje procesom je njegova identifikacija, odnosno identifikacija pojava nastalih pri odvalnom glodanju. Zato istraživačka aktivnost na ovom polju razvija, pored novih odvalnih glodala i tehnoloških poboljšanja na mašinama, potpuno nove identifikacione metode za verodostojan opis procesa i pojava nastalih pri

odvalnom glodanju, među kojima je i topografija površina [3, 5, 6].

Kontaktne površine triboelemenata po završnoj obradi nikada nije apsolutno glatka. Brojne neravnine nastale kao rezultat prethodnih i završnih operacija mogu imati različite geometrijske parametre i izazvati veće ili manje nepravilnosti triboelemenata.

Karakteristični parametri nasleđeni u toku tehnološkog procesa definišu makrogeometriju i mikrogeometriju kontaktnih površina. Za ispravnu analizu triboloških procesa, ali i tribološki ispravno konstruisanje posebno je značajna hrapavost kontaktnih površina. Makrogeometrija se može popravljati u toku samog tehnološkog procesa ispravnim delovanjem na sistem: mašina-pribor-alat-obradak. Hrapavost ima elemente stohastike i nastaje kao posledica slučajnih procesa, ne može se izbeći ali se njome može u velikoj meri upravljati u tehnološkom procesu obrade [3, 5].

Hrapavost površina se najčešće definiše kao skup neravnina koje obrazuju reljef površine i koje se posmatraju u granicama dogovoreno određenog isečka takve veličine da su eliminisane greške oblika i valovitosti. Stepenn hrapavosti se definiše različitim parametrima i statističkim karakteristikama.

Za praćenje hrapavosti obrađene površine postoji više od 30 parametara. Među njima postoje parametri koji su manje i koji su više zastupljeni. Osnovni parametri hrapavosti definisani su prema nacionalnim i internacionalnim standardima. Prva tri parametra  $R_a$ ,  $R_{max}$  i  $R_z$  predstavljaju malu grupu od tri najzastupljenija parametra, dok su  $R_y$ ,  $R_q$ ,  $R_p$  parametri koji se takođe koriste, ali znatno ređe nego tri prethodno pomenuta parametra.

Hrapavost značajno utiče na stvarnu površinu kontakta, odnosno na površinu na kojoj se ostvaruje kontakt mikroneravnina koje obrazuju topografiju. Stvarna površina kontakta zavisi od mikro i makro geometrijskih karakteristika površina u kontaktu, od valovitosti, fizičkomehaničkih svojstava površinskog sloja, od opterećenja...

Sa porastom opterećenja povećava se stvarna površina kontakta, a rast je uslovljen nastajanjem novih tačaka kontakta.

Brojna ispitivanja pokazuju da kvalitet kontaktne površine značajno utiče na otpornost na habanje. Smanjenjem hrapavosti povećava se otpornost na habanje čiji uzrok nije samo smanjenje sile trenja nego i smanjenje osetljivosti materijala na koncentraciju napona.

### 3. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA I ANALIZA REZULTATA

Prema planu eksperimenta, istraživanja su izvedena na oslojenim i neoslojenim jednozubim odvalnim glodalima, sa modulima  $m=2$  mm,  $m=3$  mm i  $m=5$  mm. Cilj ovih istraživanja jeste upoređivanje parametara hrapavosti grudnih površina modelskih jednozubih odvalnih glodala sa različitim modulima.

Eksperimenti koji će biti predstavljeni u ovom radu obavljani su u firmi D.O.O. "Unimet" u Kaću na uređaju za merenje hrapavosti površina, Mitutoyo SJ-301.

SJ-301 je uređaj za merenje površinske hrapavosti napravljen za pogonske uslove. Uređaj SJ-301 (slika 4 [7]) je u stanju da proceni površinsku teksturu sa

raznim parametrima prema različitim nacionalnim i međunarodnim standardima. Rezultati merenja se prikazuju digitalno ili grafički na ekranu osetljivom na dodir, a rezultati se takođe mogu i štampati pomoću štampača koji je integrisan sa uređajem.



Slika 4 SJ-301 uređaj za merenje hrapavosti

Uređaj za merenje hrapavosti, pored svojih mnogobrojnih dodatnih elemenata, sadrži dve osnovne jedinice (slika 4. [7]), a to su:

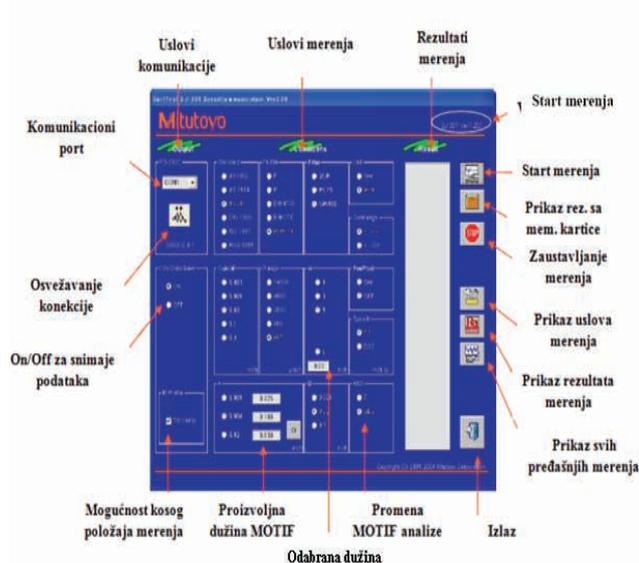
- Jedinica za detekovanje signala (detektor)
- Displejna jedinica

Neizbežna karakteristika svih modernih uređaja u današnje vreme jeste upotreba računara u što većoj meri, jer su računari postali nezamenljivi deo u projektovanju, obrađivanju rezultata, kao i u mnogim drugim inženjerskim delatnostima.

Uređaj za merenje hrapavosti SJ-301 sadrži svoj softver, koji ima mnoge prednosti, kao što su:

- Digitalna obrada podataka
- Jednostavnije rukovanje
- Pregledniji prikaz rezultata
- Jednostavnije podešavanje mernih parametara

Interfejs softvera SJ-301 je prikazan na slici 5.. Kao što se može videti, tu se nalaze uslovi komunikacije, koji su značajni za samo povezivanje uređaja i računara. Oni definišu koji ulaz (COM1) povezuje računar i uređaj SJ-301. Rezultati merenja se prikazuju u sivom pravgaoniku.



Slika 5 Interfejs softvera za merenje hrapavosti SJ-301

Proces merenja parametara hrapavosti grudne površine modelskih jednozubih odvalnih glodala izvršen je prema sledećem redosledu:

1. Podešavanje parametara na računaru
2. Podešavanja parametara na uređaju SJ-301
3. Izbor pribora za pozicioniranje alata.
4. Pozicioniranje alata u прибор.
5. Podešavanje visine merne jedinice u odnosu na alat.
6. Startovanje merenja
7. Završetak merenja i prikazivanje rezultata u softveru (slika 6)



Slika 6. Postupak merenja

Nakon izvršenih merenja alata dobijeni su rezultati merenja hrapavosti grudne površine jednozubih odvalnih glodala. Na početku eksperimentalnih nistraživanja izvršena je identifikacija 107 modelskih jednozubih glodala na osnovu određenih karakteristika. Na svim alatima mereni su parametri hrapavosti, a zatim je iz te grupe izdvojeno 56 modulskih jednozubih odvalnih glodala modula  $m=3$  ( tabela 1) i  $m=5$  ( tabela 2).

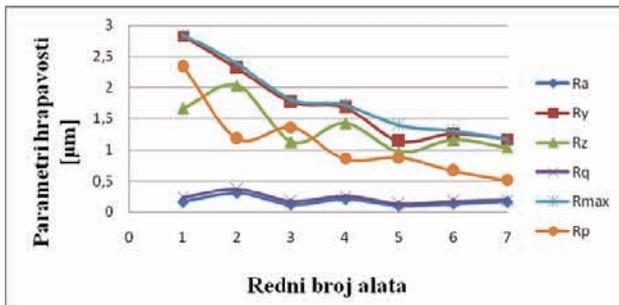
Tabela 1. Četiri podvrste modelskih jednozubih odvalnih alata, modula  $m=3$

Modul, $m=3$	Oslojen	Ne oslojen	Pohaban	Ne pohaban
1	*		*	
2	*			*
3		*		*
4		*	*	

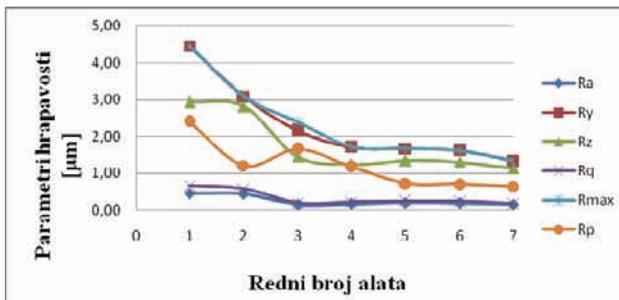
Tabela 2. Četiri podvrste modelskih jednozubih odvalnih alata, modula  $m=5$

Modul, $m=5$	Oslojen	Ne oslojen	Pohaban	Ne pohaban
1	*		*	
2	*			*
3		*		*
4		*	*	

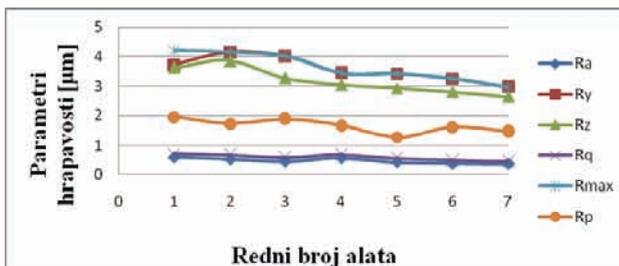
Na sledećim slikama dati su dijagrami parametara hrapavosti grudne površine oslojenih nepohabanih i oslojenih pohabanih modulskih jednozubih odvalnih glodala modula  $m=3$  (slika 7 i slika 8) i  $m=5$  (slika 9 i slika 10)



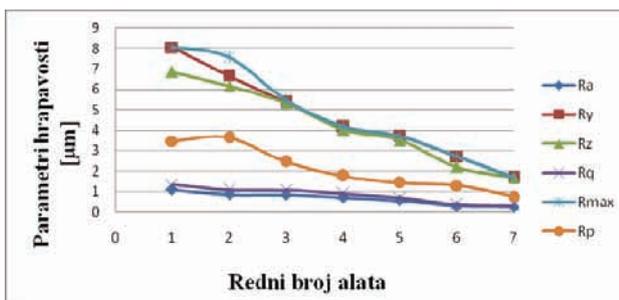
Slika 7 Dijagram parametara hrapavosti oslojenih i nepohabanih alata, modul  $m=3$



Slika 8 Dijagram parametara hrapavosti oslojenih i pohabanih alata, modul  $m=3$



Slika 9 Dijagram parametara hrapavosti oslojenih i nepohabanih alata, modul  $m=5$



Slika 10 Dijagram parametara hrapavosti oslojenih i pohabanih alata, modul  $m=5$

Iz priloženih rezultata se može videti da su parametri hrapavosti  $Ra$  i  $Rq$  parametri čiji su rezultati prilično ravnomerni i njihovo rasipanje je neznatno. Kod parametara hrapavosti  $Rp$  rasipanje je nešto veće od parametara  $Ra$  i  $Rq$ , dok su parametri hrapavosti  $Ry$ ,  $Rz$  i  $Rmax$  parametri kod kojih se primećuje najveće rasipanje rezultata.

#### 4. ZAKLJUČAK

Zahvaljujući novim tehnologijama i uređajima danas se čine veliki naponi da se prodre u suštinu prirode kontaktne površine. Posledice triboloških procesa su promene koje nastaju na površinskom sloju.

Kvalitet obrađene površine ima značajan uticaj na eksploatacione karakteristike tribomehaničkih elemenata. Istraživanja procesa topografije površina modelskih jednozubih odvalnih glodala izvedena su na jednom od najsavremenijih uređaja za ispitivanje površinske hrapavosti, Mitutoyo SJ-301.

Pri ovom istraživanju korišćeni su modelska jednozuba odvalna glodala različitih modula od brzoreznog čelika, kao i alati od brzoreznog čelika oslojenih titan nitridom (TiN).

Prema rezultatima merenja šest najčešće korišćenih parametara hrapavosti ( $Ra$ ,  $Ry$ ,  $Rz$ ,  $Rq$ ,  $Rmx$ ,  $Rp$ ), za celokupna eksperimentalna istraživanja u ovom radu može se zaključiti da je topografija nepohabanih alata višestruko bolja od topografije pohabanih alata, uz napomenu da rezultati svakog od parametara različito variraju.

Za potpunu sliku topografije kontaktne grudne površine neophodno je u daljim istraživanjima preciznije definisanje hrapavosti preko definisanja raspodele ordinata i vrhova, raspodele nagiba, radijusa vrhova i udubljenja neravnina, krive nosivosti profila i drugo.

#### 5. LITERATURA

- [1] Opalić M.: "Prijenosnici snage i gibanja", Sveučilište u Zagrebu, FSB, Zagreb, 1998
- [2] Sovilj B., Brezočnik M., Sovilj-Nikić I., Đokić V., Radonjić S., Kovač P.: "Identifikacija triboloških procesa pri profilnoj obradi primenom genetskog algoritma", 11th International Conference on Tribology, 2009
- [3] Sovilj B.: "Identifikacija triboloških procesa pri odvalnom glodanju"FTN, Novi Sad, 1988
- [4] Bouzakis, K-D, "Konzept und technologische Grundlagen zur zur automatisierten Erstellung optimaler Bearbeitungsdaten beim Walzfresen", VDI - Verlag GmbH- Duseeldorf, Aachen, 1981
- [5] Tanasijević, S.: "Tribološki isparavno konstruisanje", Faculty of mechanical Engineering in Kragujevac, Kragujevac, 2004
- [6] Myshkin, N.K., Grigoriev, A.Y., Chizhik, S.A., Choi, K.Y., Petrokovets, M.I. "Surfaceroughness and texture analysis in microscal", Wear, Vol. 254, No 10, pp.1001-1009, 2003
- [7] User's manuel: Surface roughness tester, SJ-301 Mitutoyo

#### Kratka biografija:



**Mladen Ninković** rođen je u Sarajevu 1988. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog mašinstva odbranio je 2013.god.



**Ivan Sovilj-Nikić** rođen je u Novom Sadu 1981. Student doktorskih studija je na Fakultetu tehničkih nauka, a od 2012 je na Fakultetu tehničkih nauka u zvanju asistent-master. Oblast interesovanja su Alati za obradu rezanjem, tribologija i tribodijagnostika i održavanje.

**ANALIZA RAZLIČITIH STRATEGIJA OBRADNE GLODANJEM NA OBRADNOM CENTRU FM38**
**ANALYSIS OF A DIFFERENT STRATEGIES OF TOOL PATHS ON MACHINING SYSTEM FM38**

 Branislav Olajić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
**Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je opisana integracija CAD/CAM sistema, odnosno sistema za projektovanje i konstruisanje pomoću računara i sistema za projektovanje proizvodnje pomoću računara. Za prethodno konstruisane delove definisani su modeli obrade, konstruktivna dokumentacija i upravljački programi obrade primenom programskog sistema Pro/ENGINEER, a zatim je izvršena analiza različitih strategija obrade delova na obradnom centru FM38 u pogledu proizvodnosti i tačnosti.

**Ključne reči:** CAD/CAM sistemi, Obrada glodanjem, Strategija obrade

**Abstract** – This work presents integration of CAD/CAM systems, respectively systems for Computer Aided Design and Computer Aided Manufacturing. For previously constructed parts there are defined manufacturing models, constructive documentations and programs for machining using Pro/ENGINEER software system. Also this work presents analysis of a different strategies of tool paths on machining system FM38 in terms of productivity and accuracy.

**Key words:** CAD/CAM systems, Milling, Processing strategies

**1. UVOD**

Težnja da se izvrši integracija procesa projektovanja delova CAD i programiranja obradnih procesa CAM, dovela je do razvoja programskih sistema koji omogućavaju integraciju procesa projektovanja CAD i programiranja obradnih procesa CAM, do CAD/CAM programskih sistema.

Kao rezultat integracije CAD i sistema za programiranje obradnih procesa, obezbeđena je ekonomičnija proizvodnja delova na kompjuterski upravljanim mašinama (NUMA- CNC) jer objedinjuje proces projektovanja proizvoda i programiranje obrade.

Do sada je razvijeno više sistema za integralno projektovanje proizvoda pomoću računara i programiranje obradnih procesa. To su sistemi firme koje razvijaju informacione tehnologije i njihovu primenu u industriji. Poznatiji CAD/CAM sistema i njihovi proizvođači su:

- ◆ CATIA (IBM)
- ◆ Pro/ENGINEER (PTC)
- ◆ UNIGRAPHICS (UNIVAC)

**NAPOMENA:**

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

- ◆ MASTER CAM (CNC Software, Inc.)
- ◆ IDEAS (Structural Research Corporation-SDRC)
- ◆ VERSA CAD, PD, CADD5 (Computervision-CV)
- ◆ COMPAC (COMPAC)
- ◆ CIMATRON, GibbsCAM (Cimatron Group)
- ◆ SolidCAM (SolidCAM, Inc.)
- ◆ SURFCAM (Surfware, Inc.)
- ◆ BobCAD-CAM (Production Design Services, Inc.)
- ◆ EdgeCAM, Radan Software (Vero Software)
- ◆ BendCAM (Amada Engineering Europe)

**2. OPERACIJE I ZAHVATI OBRADNE KOJE PODRŽAVAJU PROGRAMSKI SISTEMI Pro/ENGINEER CATIA I MASTER CAM**

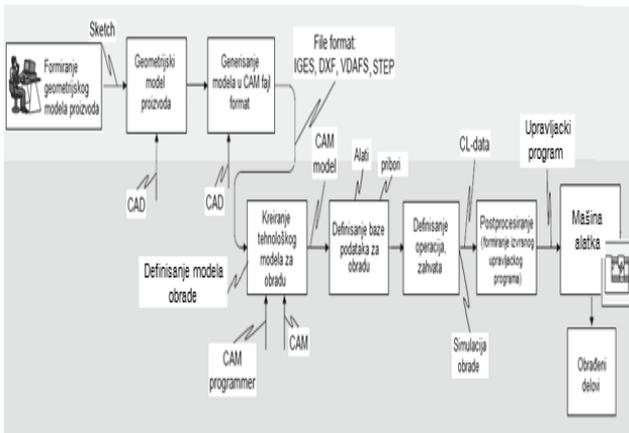
U tabeli 1. su prikazane operacije i zahvati obrade koje podržavaju neki od prethodno navedenih CAD/CAM sistema.

Tabela 1. Operacije i zahvati obrade CAD/CAM sistema

Operacije obrade	Zahvati obrade		
	Pro/Engineer	CATIA	MASTER CAM
 <p>Struganje</p>	Uzduno zapreminsko struganje, očno struganje, profilno struganje, usecanje zjebova, rezanje navoja, višeosno struganje i usecanje zjebova	Uzduno zapreminsko struganje, profilno struganje, usecanje zjebova, rezanje navoja, višeosno struganje i usecanje zjebova	Očno struganje, uzdužno struganje, usecanje zjebova, rezanje navoja, odsecanje, poprečno struganje pod uglom, višeosno struganje
 <p>Glodanje</p>	Zapreminsko glodanje, površinsko glodanje, profilno glodanje, glodanje upusta, ispusta, džepova, glodanje ivica, glodanje po trajektoriji, graviranje, visoko brzinsko grubo i završno glodanje, višeosno glodanje	Očno glodanje, glodanje džepova, upusta i ispusta, profilno glodanje, višeosno glodanje glodanje po trajektoriji, glodanje zaoobljenja, glodanje oborenih ivica, glodanje zjebova, glodanje zavojnih zjebova, glodanje T-zjeba, kružno glodanje otvora i rupa	Očno glodanje, glodanje džepova, upusta i ispusta, glodanje po konturi dužidova (profilno glodanje), glodanje ostrva, glodanje kružnih otvora, glodanje suženih (drafted) zidova, višeosno glodanje, glodanje po trajektoriji, glodanje zaoobljenja, glodanje oborenih ivica, glodanje zjebova, glodanje zavojnih zjebova, glodanje zavojskih zjebova, paralelno glodanje simetričnih površina
 <p>Busenje</p>	Busenje, zabušivanje, duboko busenje, urezivanje navoja, višeosno busenje, proširivanje, razvrtanje, upuštanje, obaranje ivice, zaoobljavanje	Busenje, zabušivanje, duboko busenje, urezivanje navoja, višeosno busenje, proširivanje, razvrtanje, upuštanje, obaranje ivice, zaoobljavanje	Busenje, zabušivanje, visevrateno busenje, agregatno busenje, duboko busenje, urezivanje navoja, višeosno busenje, proširivanje, razvrtanje
 <p>Obrada žicom</p>	Elektro erozivna obrada žicom, višeosna obrada žicom	Elektro erozivna obrada žicom, višeosna obrada žicom	Elektro erozivna obrada žicom, višeosna obrada žicom

### 3. DEFINISANJE MODELA OBRADE I UPRAVLJAČKIH PROGRAMA OBRADE

Jedan je od najprimenljivijih programskih paketa za kreiranje modela obrade i izvršnog programskog koda za upravljanje najsavremenijim CNC mašinama. je Pro/ENGINEER. Na slici 1. je prikazana struktura procesa pri kreiranju modela obrade i izvršnog upravljačkog programa.



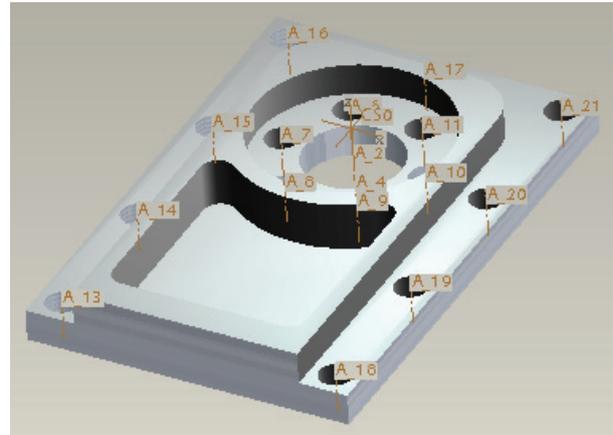
Slika 1. Struktura procesa pri kreiranju modela obrade i izvršnog upravljačkog programa

Kreiranje modela za obradu i izvršnog programskog koda za upravljanje CNC mašinama, vrši se primenom CAM modula Pro/Manufacturing. Ovaj proces može se razložiti u više faza ka sledi u nastavku:

- ◆ Modeliranje delova i izrada radioničkih crteža sa planom obrade,
- ◆ Definisanje modela za obradu,
- ◆ Definisanje operacija obrade,
- ◆ Definisanje pribora,
- ◆ Definisanje alata,
- ◆ Definisanje parametara režima obrade,
- ◆ Definisanje zahvata obrade,
- ◆ Simulacija obrade,
- ◆ Analiza različitih strategija obrade sa stanovništva proizvodnosti i tačnosti,
- ◆ Definisanje CL Data datoteke,
- ◆ Verifikovanje putanje alata,
- ◆ Postprocesiranje

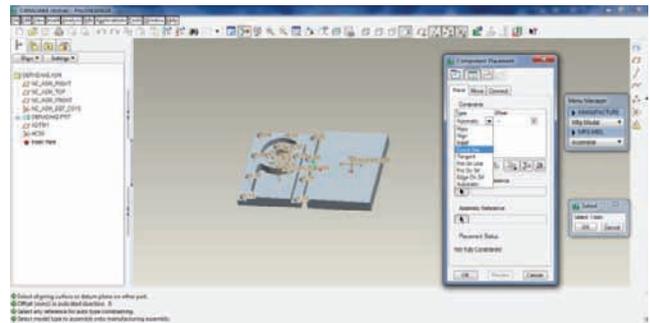
Model obrade predstavlja osnovu za definisanje operacija obrade. Postoji dva načina formiranja modela obrade. Prvi je u slučaju editovanog modela izradka zasnovan na generisanju modela zajedničke osnove koji je nastao korišćenjem opcije Stock Dialog Box za formiranje „pokrivača“ odnosno dodatka za obradu i koji se definiše aktiviranjem linije opcija: New → Manufacturing → NC Assembly → Mfg model → Assemble → Gen Assemble, a drugi način je u slučaju predhodno modeliranog pripremljenog, zasnovan na udruživanju modela izradka i modeliranog pripremljenog u model forme sklopa odnosno model obrade. Iz dijaloga je potrebno izabrati deo koji se želi učitati u svojstvu modela izradka. U virtuelnom prostoru se pojavljuje tehnološki model izradka (slika 2). Model je početno orijentisan u virtuelnom prostoru. Na njemu se mogu videti tzv. datum ili pomoćne (matematičke forme) ravni, kao i ono što je

za model tehnološkog procesa izuzetno bitno - ranije pripremljen koordinatni sistem. Koordinatni početak ovog sistema će kasnije predstavljati takozvanu nultu tačku radnog predmeta-W.



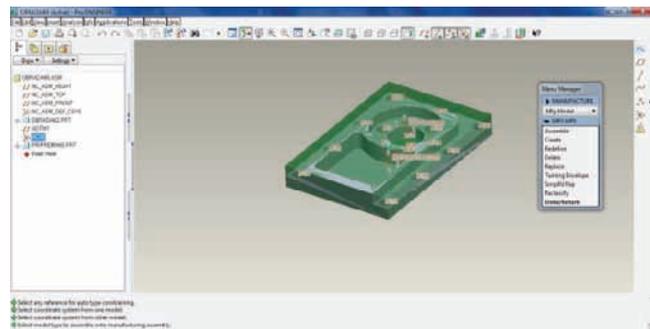
Slika 2. Tehnološki model izradka

Ugradnja modela pripremljenog u sklop izradka se vrši klikom na opciju Workpiece. Ovim korakom pokreće se postupak učitavanja (ranije pripremljenog) geometrijskog modela pripremljenog u trenutno aktivni zapis modela tehnološkog procesa. U virtualni prostor će se pojaviti model pripremljenog i tada se započinje sa utvrđivanjem ograničenja kojima će se precizno locirati delovi međusobno unutar sklopa (slika 3).



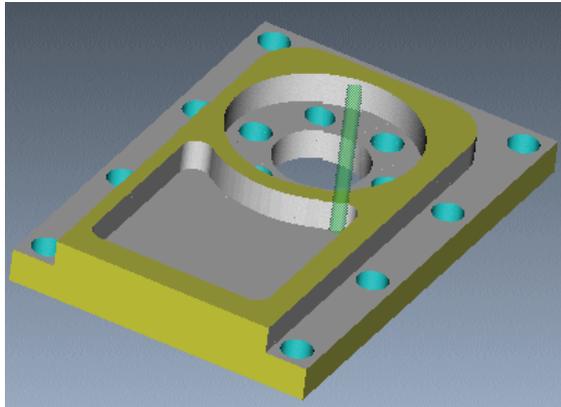
Slika 3. Ugradnja modela pripremljenog u sklop izradka

Da bi se valjano pripremljen model obratka, potrebno je da se izradak umetne u zapreminu modela pripremljenog, tako da ga on prostorno obuhvati. U ovom slučaju potrebno je iskoristiti koordinatne sisteme modela, odnosno poklopiti im početke i ortove. Na ovaj način njihov međusobni položaj će biti definisan u jednom koraku (slika 4).

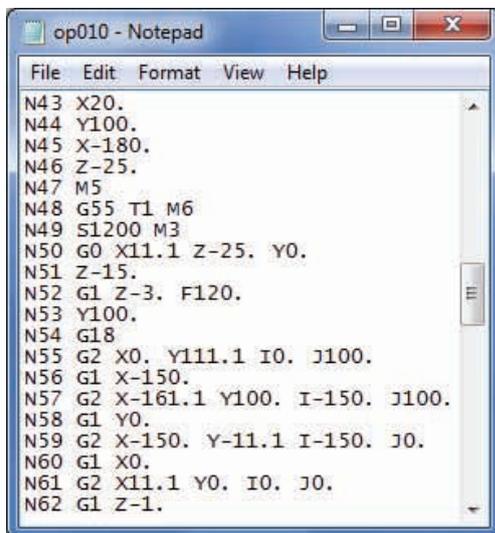


Slika 4. Definisan model obrade

U narednom koraku potrebno je definisati operacije obrade, zahvate, režime obrade, pribor za stezanje i pozicioniranje, mašinu, povratnu ravan usvojiti alate itd. U poslednjoj fazi neophodno je izvršiti simulaciju obrade (slika 5) i definisati upravljačke programe obrade (slika 6).



Slika 5. Vericut Simulacija obrade



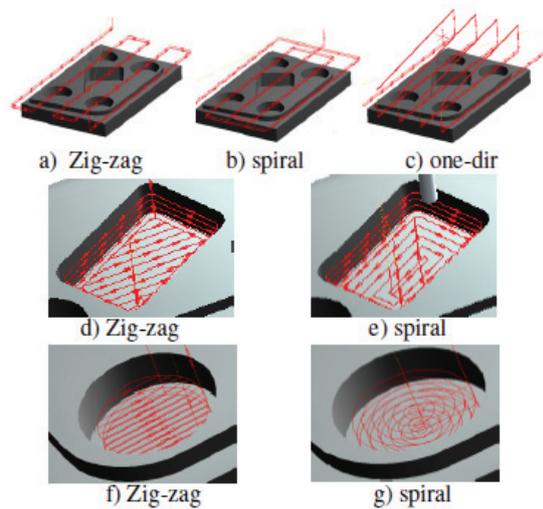
Slika 6. Upravljački program obrade

#### 4. ANALIZA STRATEGIJA OBRADE SA STANOVNIŠIVA PROIZVODNOSTI I TAČNOSTI

Eksperimenti su pokazali da se primenom pogodnih strategija obrade kod glodanja omogućuje ostvarivanje smanjenja troškova za 30% i povećanje proizvodnosti [1]. Strategije putanje alata imaju značajan uticaj na glavno vreme obrade, kvalitet obrađene površine i habanje alata. Ušteda vremena se postiže adaptivnom obradom koja podrazumeva promenu broja obrtaja i pomaka da bi se održao konstantan presek strugotine. Na ovaj način se dobija bolji kvalitet obrađene površine, produženje postojanosti alata, manje glavno vreme obrade i povećana proizvodnost.

##### 4.1. Određivanje vremena obrade za različite strategije primenom programskog sistema Pro/ENGINEER

Na osnovu dobijenih vremena (Machining time) primenom proces menadžera, za različite strategije obrade, može se zaključiti da se postiže manje vreme obrade primenom zig-zag strategije (slika 7, 8) [3].



Slika 7. Strategije obrade

OPIN	OPERATION		262.3501
1	TYPE_ZIG-ZAG	FACE MILLING	44.5247
2	TYPE_SPIRAL	FACE MILLING	49.2294
3	TYPE_ONE_DIR	FACE MILLING	76.0862
4	ZIG-ZAG_POCK..	POCKET MILL..	34.1181
5	SPIRAL_POCK..	POCKET MILL..	34.9347
6	ZIG-ZAG_POC..	POCKET MILL..	11.9527
7	SPIRAL_POCKE..	POCKET MILL..	11.7954

Slika 8. Glavna vremena obrade

Za zahvate obrade koji se izvode jednim alatom, odnosno diferencirano, vreme obrade određuje se izrazom:

$$t_z = t_g + t_a + \left(\frac{\Delta}{\delta}\right) \cdot t_{p1} + t_p + t_{me} + \left(\frac{T_{pz}}{z_s \cdot n_z}\right) + \sum T_i \quad (1)$$

Glavno vreme za obradu glodanjem određeno je izrazom:

$$t_g = \frac{L}{V_p} = i \cdot \frac{L}{s_1 \cdot z \cdot n} \quad (2)$$

Vreme operacije obrade sa (K) zahvata sada će biti:

$$t_k = \sum_{i=1}^k t_{zi} \quad (3)$$

Dok je vreme tehnološkog procesa koji se izvodi u (m) operacija određeno izrazom:

$$T_k = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^k t_{zi} \quad (4)$$

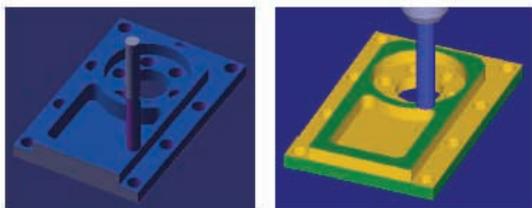
Stvarna proizvodnost operacije ili tehnološkog procesa, u određenoj vremenskoj jedinici, na primer po času, može se odrediti na osnovu izraza:

$$P_o = \frac{3600}{t_k} \quad (5); \quad P_{tp} = \frac{3600}{t_k} \quad (6)$$

Što znači da na osnovu dobijenih glavnih vremena obrade pri glodanju zig-zag strategijom proizvodnost raste.

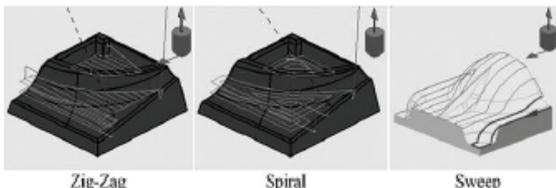
##### 4.2 Određivanje hrapavosti površina zavisnosti od strategije obrade

Na slici 9. prikazana je simulacija obrade kalupa za brizganje u programskim sistemima MASTER CAM (slika 9 a) i CATIA (slika 9b)



a) b)  
Slika 9. Simulacija obrade

Pri obradi složenijih površina mogu se uočiti veće razlike hrapavosti površina u zavisnosti od izbora strategije obrade u odnosu na obradu ravnih površina (slika 10).



Slika 10. Strategije obrade

U nastavku je prikazano eksperimentalno istraživanje gde je vršena obrada više priprema (9) od istog materijala u ovom slučaju aluminijuma, sa istim oblikom i geometrijom i režimima obrade, primenom različitih strategija obrade (slika 11). Na kraju su dobijene različite hrapavosti površina i odstupanja. Eksperimentalna metoda je bazirana na poređenju predhodno modelirane površine u nekom od programskih sistema, sa površinom definisanom na osnovu dobijenog oblaka tačaka skeniranjem obrađenog dela, radi dobijanja odstupanja od idealnog oblika i na merenju hrapavosti površina primenom MahrPerthometer-a [2]. Srednja aritmetička vrednost odstupanja svih tačaka efektivnog profila od srednje linije profila se računa po obrascu:

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |y| dx = \frac{\sum |y_{oi}|}{n} \quad (7)$$



Slika 11. CAM modeli obrade i obrađeni delovi

U tabeli 2. je prikazana obrada različitim prečnicima glodala i strategijama putanje alata pri obradi, a u tabeli 3 različite kombinacije navedenih parametara.

Tabela 2. Različiti prečnici glodala i strategije

	FAKTORI		
	A	B	C
	Prečnik alata	Strategija putanje	Strategija putanje
NIVO 1	6	zig-zag_longitudinal	sweep_upward
NIVO 2	8	zig-zag_latitudinal	sweep_downward
NIVO 3	12	spiral_	Sweep_latitudinal

Tabela 3. Kombinacija parametara za obradu

Exp.No	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Dobijeni rezultati hrapavosti površina i devijacije su prikazani u tabeli 4.

Tabela 4. Rezultati eksperimenta

Exp. No	A	B	C	Hrapavost površine Ra (µm)	Greška, odstupanje (mm)
1	1	1	1	1.120	0.084
2	1	2	2	1.100	0.097
3	1	3	3	2.540	0.096
4	2	1	2	1.150	0.120
5	2	2	3	2.160	0.140
6	2	3	1	1.350	0.085
7	3	1	3	1.660	0.096
8	3	2	1	0.840	0.170
9	3	3	2	1.230	0.122

A potom je potrebno izvršiti optimizaciju da bi se dobili parametri koji će dati najmanju grešku-odstupanje i hrapavost površine korišćenjem Grey relations analysis metode uz pomoć sledećih izraza:

$$x_i(k) = \frac{\max y_i(k) - y_i(k)}{\max y_i(k) - \min y_i(k)} \quad (8)$$

$$\xi_i(k) = \frac{\Delta \min + \xi \Delta \max}{\Delta_{oi}(k) + \xi \Delta \max} \quad (9)$$

$$y_i(k) = \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (10)$$

## 5. ZAKLJUČAK

Povećanjem nivoa automatizacije i fleksibilnosti proizvodnih procesa primenom računara, odnosno integracijom CAD/CAM sistema postiže se visok kvalitet proizvoda, povećana produktivnost i smanjenje troškova proizvodnje.

## 6. LITERATURA

- [1] Altan, T., Lillg, B., Yen, Y.C.: „Manufacturing of Dies and Molds”, The Ohio State University, Columbus, Ohio, U.S.A. 2006.
- [2] Koklu, U., Mutlu, B., Hartomacyoglu, S., Kurt, M.: „Minimization of the surface roughness using a grey relational analysis”, Istanbul, Turkey, 2011.
- [3] Meciarova, J.: „Effects of selected cutting parameters on surface roughness in side milling”, Technical University in Zvolen, Slovak Republic. 2009.
- [4] Radhakrishnan, P., Subramanyan, S., Raju, V.: CAD/CAM/CIM, New age International Publishers, New Delhi, 2008.
- [5] Saaski, J., Salonen, T., Paro, J.: „Integration of CAD, CAM and NC with Step – NC”, VTT Industrial Systems, Finland, 2005.
- [6] Scheer, A., Jost, W., Güngöz, O.: „A Reference Model for Industrial Enterprises”, Institute for Information Systems ( IWi ) at the German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI), Germany, 2007.
- [7] Smid, P.: „CNC Programming Handbook”, Industrial press Inc, New York, 2003.
- [8] [www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com) Rotating tools milling/drilling/boring/tooling systems, AB Sandvic Coromant, Sandviken, Sweden, 2011.

## Kratka biografija:



**Branislav Olajić**, dipl. mašinski inženjer rođen je u Kikindi 1986. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti mašinstva odbranio je 2013. god.

**MODELIRANJE I SIMULACIJA TEHNOLOŠKIH PROCESA IZRADE DELOVA  
KUĆIŠTA ALATA ZA BRIZGANJE PLASTIKE****MODELING AND SIMULATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR PLASTIC  
INJECTION MOULD COMPONENTS MANUFACTURING**

Predrag Radulaški, Dejan Lukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je prikazan razvoj simulacionog modela i simulacija tehnološkog procesa izrade grupe delova kućišta alata za brizganje plastike primenom programskog sistema Tecnomatix Plant Simulation. Osnovni cilj ove simulacije odnosi se na optimizaciju tehnološkog procesa i optimalno upravljanje procesom proizvodnje, kao i razvoj odgovarajućeg modela proizvodnog sistema.

**Abstract** – This paper presents the development of a simulation model and simulation of the manufacturing technological process for group of parts of the injection moulds for plastic using the program system Tecnomatix Plant Simulation. The main goal of this simulation relates to the optimization of technological processes and optimal control of the production process, as well as the development of an appropriate model of the production system.

**Ključne reči:** Modeliranje, Simulacija, Tehnološki proces, Tecnomatix Plant Simulation, Optimizacija.

**1. UVOD**

Razvoj hardvera i softvera omogućio je masovnu i uspešnu primenu računara u proizvodnji. Primena računarske simulacije je počela pre pola veka, ali je u protekloj deceniji imala značajan napredak uporedo sa razvojem informacione tehnologije. Prema nekim istraživačima simulacija predstavlja ključni element za postizanje progressa u inženjerstvu [1].

Simulacija se koristi za različite aktivnosti, uključujući modeliranje i simulaciju prirodnih sistema i procesa. Jedna od osnovnih oblasti primene simulacije u praksi se odnosi na oblast poslovnih procesa i same proizvodnje [2]. Ova tehnika predstavlja dragoceno sredstvo koje koriste inženjeri prilikom procene efekta kapitalnih ulaganja u opremu i fizičke objekte kao što su fabrička postrojenja, skladišta, distributivni centri i dr [3].

Osnovni predmet istraživanja u ovom radu se odnosi na razvoj simulacionog modela i simulaciju tehnoloških procesa izrade grupe prizmatičnih delova kućišta alata za brizganje plastike, primenom programskog sistema Tecnomatix Plant Simulation. Osnovni cilj ove simulacije odnosi se na optimizaciju ovih tehnološkog procesa i optimalno upravljanje procesom proizvodnje, kao i razvoj odgovarajućeg modela proizvodnog sistema.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Velimir Todić, red.prof.**

**2. SIMULACIJA PROIZVODNIH PROCESA**

U cilju postizanja visoke efektivnosti proizvodnih sistema potrebno je, osim optimalnih rešenja tehnoloških procesa izrade proizvoda, odrediti najpovoljnija rešenja i drugih segmenata proizvodnih procesa, odnosno rešenja sa najpovoljnijim pojedinačnim i međusobnim uticajem na proces proizvodnje.

Ovi složeni zadaci, koje zahteva razvoj optimalnih rešenja proizvodnih procesa, danas se uspešno rešavaju simulacijom proizvodnih procesa primenom odgovarajućih programskih sistema. Simulacija proizvodnih procesa primenom odgovarajućeg programskog sistema za simulaciju, kao pažljivo i usmereno eksperimentisanje na računaru, vrši se, u opštem slučaju kada se:

- *Projektuje novi proizvodni sistem,*
- *Unapređuju proizvodni procesi u postojećem proizvodnom sistemu,*
- *Uvodi novi proizvodni program u postojeći proizvodni sistem.*

Pri definisanju zadataka i ciljeva simulacije proizvodnih procesa u središtu su sledeća pitanja [4]:

- *Kolika se tehnološka prohodnost očekuje,*
- *Koji je najpovoljniji broj i raspored tehnoloških resursa,*
- *Gde su najpovoljnije lokacije međuskadišta,*
- *Koje su najpovoljnije strategije organizacije i realizacije procesa proizvodnje, itd.*

Razvoj simulacionog modela u delu koji se odnosi na modeliranje tehnoloških i proizvodnih procesa, rešava se u nekoliko iteracija, od konceptualnog modela pa do konačnog modela koji daje optimalne rezultate simulacije. Tako razvijeni model predstavlja najpovoljnije rešenje proizvodnog procesa, koji se uz dodatne analize usvaja, ili, po potrebi kasnije koriguje.

**2.1 Softveri za simulaciju proizvodnih procesa**

Komercijalni softveri za simulaciju proizvodnih procesa su vrlo rasprostranjeni zbog mogućnosti koje imaju u planiranju, simulaciji i analizi proizvodnje, relativno niske cene i lakoće upotrebe, koja omogućava i neprogramerima da uspešno izvode eksperimente sa modelom. Ovakvi softveri rade u grafičkom okruženju na radnim stanicama ili na personalnim računarima, podržavajući operacije modelovanja, simulacije, vizuelizacije i optimizacije proizvodnog procesa. Neki od softvera za simulaciju proizvodnih procesa su: Simple++, Arena, Tecnomatix Plant Simulation, Flexim, itd.

Tecnomatix Plant Simulation (TPS) je softver koji omogućava simulaciju i optimizaciju tehnoloških i proizvodnih sistema i procesa. Koristeći TPS, može se optimizirati protok materijala i resursa, kao i logistika za sve nivoe planiranja postrojenja u okviru globalnih proizvodnih pogona, preko lokalnih postrojenja, do specijalnih linija [2].

Modeliranje proizvodnih procesa korišćenjem biblioteke standardnih i specijalizovanih komponenti TPS omogućuje kreiranje dobro strukturiranih, hijerarhijskih modela proizvodnih pogona, linija i procesa. TPS omogućuje i optimizaciju korišćenjem modula genetskih algoritama, što je posebno korisno kada postoji uticaj različitih parametara i ograničenja.

TPS poseduje i alate za analizu koji omogućavaju lako tumačenje rezultata simulacije. Statističke analize, grafikoni i tabele prikazuju iskorišćenost mašina, radne snage i međuskладиšta. TPS može generisati statističke izveštaje i grafikone za podršku dinamičkim analizama parametara, uključujući i opterećenje sistema, otkaze i pauze.

Pored visoko efikasnog 2D prikaza, programski sistem TPS može simulaciju predstaviti i u virtuelnoj realnosti poput 3D okruženja.

Specijalne karakteristike TPS se odnose na [5]:

- *Objektno-orientisano programiranje,*
- *Otvorenost za uvoz podataka iz drugih sistema, kao što su Access ili Oracle baze podataka, Excel radnih listova ili iz SAP-a,*
- *Obezbeđuje alate za analizu i otkrivanje uskih grla, praćenje toka materijala, otkrivanje predimenzionisanih sredstava rada, i dr.*
- *Analizu podataka, itd.*

### 3. POSTAVKA PROBLEMA SIMULACIONE STUDIJE

Brizganje je, pored ekstrudiranja i duvanja, najznačajnija i najrasprostranjenija metoda ili tehnologija proizvodnje proizvoda od plastike.

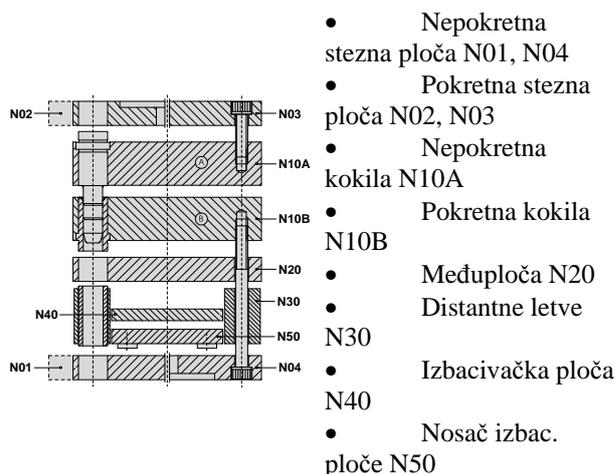
U procesu proizvodnje proizvoda od plastike tehnologijom brizganja, centralni deo sistema predstavlja alat, odnosno kalup, kome su podređeni svi ostali delovi posmatranog sistema.

U procesu projektovanja i izrade alata, teži se ispunjavanju što većeg broja funkcija alata, uz što manji broj elemenata odnosno delova koji ga čine. Pri tome, jedan od najznačajnijih pokazatelja kvaliteta je stepen, odnosno nivo standardizacije konstrukcije alata.

Standardizacija delova alata za brizganje plastike omogućuje primenu koncepta tipske i grupne tehnologije za njihovu izradu uz povećanje serijnosti, čime se omogućuje prelazak sa pojedinačne na serijsku proizvodnju. Ovim se podiže nivo automatizacije i skraćuje tehnološki, a samim tim i proizvodni ciklus izrade alata za brizganje plastike.

Na slici 1 prikazano je pravougaono kućište sa pripadajućim standardnim delovima i njihovim oznakama prema klasifikaciji baziranoj na D-M-E standardu.

Prikaz oznaka projektovanih standardnih tehnoloških procesa izrade pojedinih prizmatičnih delova alata u postavljenom simulacionom modelu i planirani obim njihove proizvodnje dat je u tabeli 1.



Slika 1 Standardno kućište alata za brizganje plastike [6]

Osim podataka iz tehnoloških procesa, koji se odnose na redosled operacija, komadna i pripremno-završna vremena, kao i pregled obradnih i tehnoloških sistema, definisan je i vremenski period simulacije u trajanju od jedne godine, kao i efektivni broj od 250 radnih dana, početni radni kalendar sa tri radne smene u toku dana, potreban obim proizvodnje, i dr.

Tabela 1 Oznake standardnih tehnoloških procesa izrade prizmatičnih delova alata

Naziv prizmatičnog dela alata	Oznaka standardnog tehnološkog procesa u simulacionom modelu			
	Za stand. delove	Q (kom/god)	Za gotove delove	Q (kom/god)
Nepokretna stezna ploča	TTP01A	200	TTP01	200
Pokretna stezna ploča	TTP02A	200	TTP02	200
Nepokretna kokila	TTP101A	200	TTP101	200
Pokretna kokila	TTP102A	200	TTP102	200
Međuploča	TTP20A	200 (100)	TTP20	200 (100)
Distantna letva	TTP301A TTP302A	400	TTP301 TTP302	400
Izbacivačka ploča	TTP40A	200	TTP40	200
Nosač izbacivačke ploče	TTP50A	200	TTP50	200

### 4. RAZVOJ SIMULACIONOG MODELA I SIMULACIJA TEHNOLOŠKIH PROCESA

Pri razvoju simulacionog modela tehnoloških procesa izrade prizmatičnih delova alata za brizganje plastike primenjena su dva različita prilaza [7].

• Prvi prilaz je baziran na programiranju, koje se koristi za povezivanje podataka o delovima i tehnološkim procesima njihove izrade. Kod ove metode se na ulazu ne definiše obim proizvodnje, već se na izlazu dobijaju podaci o količinskim i vremenskim mogućnostima sistema prema postavljenom modelu.

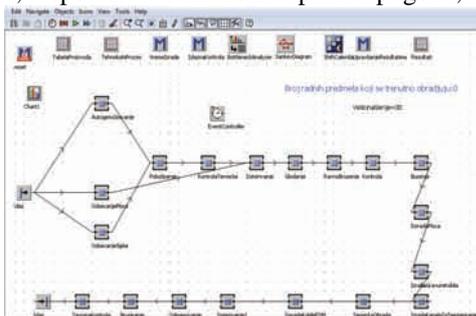
• Drugi prilaz je baziran na definisanju tabela proizvoda sa definisanim obimom proizvodnje, kao i tabela sa vremenima za svaku operaciju tehnološkog procesa, pri čemu se na izlazu takođe dobijaju podaci o mogućnostima sistema.

U nastavku će se opisati metodologija postavljanja modela i realizacije simulacije na bazi oba pristupa, s tim što će se detaljniji prikaz dati za prvi prilaz. Prikaz dobijenih rezultata je izvršen u obe varijante, dok je

postavljanje međuskладиšta i njihova optimizacija izvršena u drugoj varijanti, gde su prikazani i uporedni rezultati simulacionog modela bez i sa postavljenim međuskладиštima [7].

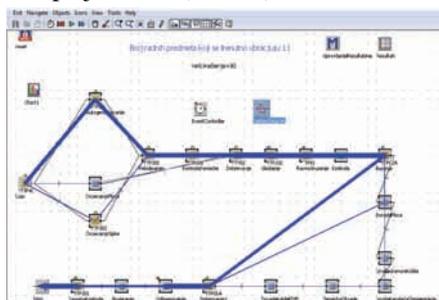
#### 4.1. Razvoj simulacionog modela tehnoloških procesa izrade prizmatičnih delova kućišta alata

Na osnovu projektovanih tehnoloških procesa za datu grupu delova formiran je odgovarajući simulacioni model. Da bi se formirao ovaj simulacioni model, slika 2, bilo je potrebno postaviti sve neophodne objekte kao što su: *TableFile*, *Method*, *Source*, *SingleProc*, *Drain*, *FlowControl*, *Connector*, *EventController*, *ShiftCalendar*, pri čemu su definisani ulazni podaci za simulaciju tehnološkog procesa izrade, kao što su vremena operacija, količine, raspoloživi vremenski kapacitet pogona, itd.

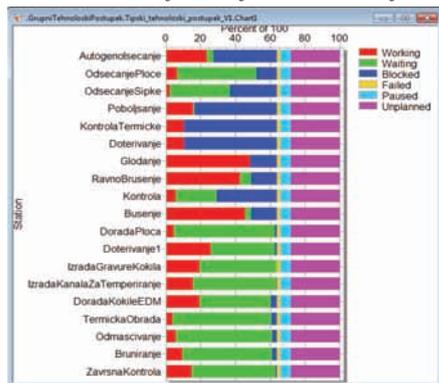


Slika 2 Simulacioni model tehnološkog procesa [7]

Simulacijom tehnološkog procesa na izlazu se dobijaju određeni izlazni podaci, kao što su broj delova u jedinici vremena, stepen vremenskog iskorišćenja resursa, struktura vremena na odgovarajućim mašinama i radnim stanicama, i dr. Nakon završene simulacije, pomoću komande *BottleneckAnalyzer* lako se može otkriti “usko grlo proizvodnje” i omogućiti prikaz opterećenosti (zauzetosti) svake radne stanice. Za prikaz toka materijala primenjena je opcija *Sankey Diagram* (Slika 3), dok je za prikaz stanja rada mašina i drugih radnih stanica primenjena opcija *Chart* (Slika 4).



Slika 3 Prikaz definisanja toka materijala [7]



Slika 4 Dijagram stanja rada radnih stanica [7]

Jedan od osnovnih načina za prikaz rezultata nakon izvršene simulacije jeste statistički izveštaj, koji sadrži izveštaj vremena rada, zastoja, čekanja, pauza i dr. Na slici 5 dat je samo delimičan prikaz ovih vremena.

Object	Working	Waiting	Blocked	Failed	Paused	Unplanned	Set-up	Empty	Start of Statistics Collection	Portion
Autogenodsecanje	16.88%	3.87%	43.18%	1.96%	6.00%	28.10%	5.63%	3.87%	0.0000	
OdsecanjePloce	4.69%	47.79%	11.48%	1.94%	6.00%	28.10%	0.94%	47.79%	0.0000	
OdsecanjeSipke	1.88%	36.19%	25.84%	1.99%	6.00%	28.10%	1.88%	36.19%	0.0000	
Poboljsanje	11.25%	0.07%	52.60%	1.99%	6.00%	28.10%	22.51%	0.07%	0.0000	
KontrolaTermicke	7.50%	0.09%	56.37%	1.94%	6.00%	28.10%	3.75%	0.09%	0.0000	
Doterivanje	7.50%	0.05%	56.38%	1.97%	6.00%	28.10%	9.38%	0.05%	0.0000	
Glodanje	34.67%	0.05%	29.21%	1.97%	6.00%	28.10%	12.65%	0.05%	0.0000	
RavnoBrusenje	30.45%	2.34%	31.13%	1.98%	6.00%	28.10%	10.77%	2.34%	0.0000	
Kontrola	4.21%	2.91%	56.77%	2.01%	6.00%	28.10%	8.91%	2.91%	0.0000	
Busenje	32.77%	0.08%	30.99%	2.06%	6.00%	28.10%	25.28%	0.08%	0.0000	
DoradaPloca	3.28%	55.07%	5.55%	2.00%	6.00%	28.10%	3.76%	55.07%	0.0000	
Doterivanje1	18.70%	36.74%	8.48%	1.98%	6.00%	28.10%	8.42%	36.74%	0.0000	

Slika 5. Delimičan prikaz radnih vremena [7]

#### 4.2 Druga varijanta simulacionog modela

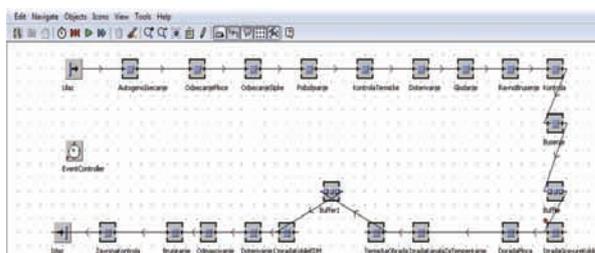
Osnovne razlike koje karakterišu drugi prilaz, odnosno razvoj drugog modela u odnosu na prvi, odnose se na to, da nije potrebno pisanje programskih kodova, već se kompletni podaci o proizvodu i tehnološkim procesima definišu preko tabela. Tako se, kod ove metode na ulazu definiše potreban obim proizvodnje delova, što je ovde realizovano u okviru tabele "TabelaProizvoda", slika 6, kao i tabele sa definisanim komadnim i pripremno-završnim vremenima za svaku operaciju posebno, na osnovu kojih se programski izračunava potrebno vreme rada za izradu zadanog broja delova [5].

Postavljanje modela odnosno radnih stanica se vrši na isti način kao i u prvoj varijanti, prevlačenjem radnih stanica u okvir (*Frame*) i njihovim povezivanjem. Takođe se postavlja ulaz (*Source*) i izlaz na kraju putanje (*Drain*). U simulacioni model se još ubacuju, kao i u prethodnoj varijanti, komande za upravljanje procesom simulacije.

objekt	integer	string	table	attribute
1	200	TIP01	Attr	
2	200	TIP02	Attr	
3	200	TIP101	Attr	
4	200	TIP102	Attr	
5	100	TIP03	Attr	
6	200	TIP01	Attr	
7	200	TIP02	Attr	
8	200	TIP40	Attr	
9	200	TIP50	Attr	
10	200	TIP101A	Attr	
11	200	TIP102A	Attr	
12	100	TIP03A	Attr	
13	200	TIP301A	Attr	
14	200	TIP302A	Attr	
15	200	TIP40A	Attr	
16	200	TIP50A	Attr	
17	200	TIP101A	Attr	
18	200	TIP102A	Attr	

Slika 6. Izgled „TabeleProizvoda” [7]

Zbog značajne razlike u vremenu trajanja operacija tehnološkog procesa, u model su postavljena međuskладиšta na pojedinim mestima, slika 7, pri čemu se može dobiti mnogo bolji stepen iskorišćenja pogona, odnosno kraće ukupno vreme za izradu svih proizvoda.



Slika 7. Model sa postavljenim međuskладиštima [7]

#### 4.2.1 Optimizacija kapaciteta međuskладиšta (Buffer-a)

Optimizacija međuskладиšta izvršena je primenom opcije *Experiment Manager*, pri čemu je bilo neophodno definisati minimalni i maksimalni kapacitet međuskладиšta kao i inkrement po kom će se vršiti eksperimenti. Na osnovu ovih podataka program proračunava, odnosno vrši eksperimente za sve moguće kombinacije kapaciteta selektovanih međuskладиšta varirajući ih za vrednost inkrementa.

Nakon realizacije svih eksperimenata (svih kombinacija kapaciteta međuskладиšta) dobija se završni izveštaj, slika 8, sa spiskom svih eksperimenata i brojem dobijenih izrađenih komada na izlazu. Na osnovu toga se bira eksperiment sa najmanjim kapacitetima međuskладиšta koji daju najveći broj komada koji se može izraditi za godinu dana.

Exp 086	3390
Exp 087	3390
Exp 088	3390
Exp 089	3390
Exp 090	3390
Exp 091	3395
Exp 092	3399
Exp 093	3399
Exp 094	3399
Exp 095	3399

Slika 8. Tabela izlaznih vrednosti (broj izrađenih delova)

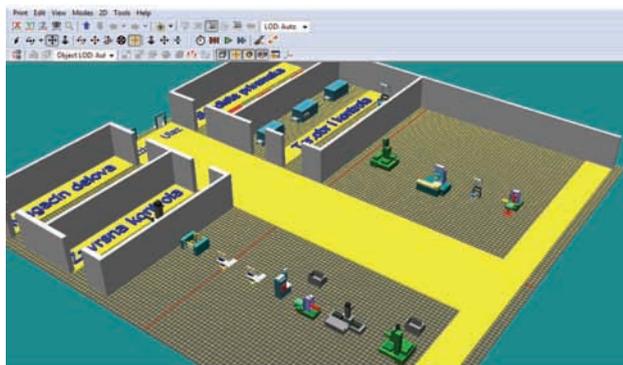
Nakon toga se ulazi u drugu tabelu i traži odgovarajući eksperiment (u ovom slučaju pod brojem 092) u kojoj se vidi optimalni kapacitet svih međuskладиšta, slika 9. Za posmatrani slučaj optimalna varijanta kapaciteta međuskладиšta ima vrednosti: Buffer-46 komada i Buffer1-6 komada.

Exp 088	41	36
Exp 089	41	41
Exp 090	41	46
Exp 091	46	1
Exp 092	46	3
Exp 093	46	11
Exp 094	46	16
Exp 095	46	21
Exp 096	46	26

Slika 9. Tabela kapaciteta međuskладиšta

#### 4.3 3D model proizvodnog pogona

Završni korak u radu predstavlja prikaz vizuelizacije proizvodnog pogona pomoću opcije 3D Viewer. Nakon selektovanja ove opcije izvršena je organizacija radnog prostora proizvodnog pogona dodeljivanjem CAD modela odgovarajućim objektima (CAD modela radnih stanica-mašina), kreiranjem raznih primitiva, itd. slika 10.



Slika 10 3D model idejnog rešenja proizvodnog pogona [7]

#### 5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Osnovni cilj rada se odnosio na istraživanje mogućnosti primene programskog sistema TPS u simulaciji proizvodnih procesa, sa akcentom na racionalizaciju i optimizaciju proizvodnih procesa, kao i primer simulacije i optimizacije proizvodnje grupe prizmatičnih delova kućišta alata za brizganje plastike.

Osnovni rezultati koji su dobijeni simulacijom su:

- Opterećenost radnih mesta,
- Pronalaženje uskog grla proizvodnje,
- Iskorišćenost resursa,
- Optimalan kapacitet međuskладиšta,
- Količina proizvoda koje je moguće proizvesti na godišnjem nivou, itd.

Na osnovu 2D modela, projektovan je 3D model idejnog rešenja proizvodnog pogona za proizvodnju posmatrane grupe delova alata.

Kao nastavak posmatranih istraživanja mogu se predložiti sledeće teme: izučavanje svih opcija i mogućnosti TPS-a, detaljnije proučavanje programskog jezika Simtalk za programiranje u TPS-u, istraživanje mogućnosti i drugih savremenih programskih sistema za simulaciju proizvodnih procesa (Arena, Flexim, itd.), produblјivanje znanja iz oblasti projektovanja tehnoloških i proizvodnih procesa, planiranja i upravljanja proizvodnjom, produblјivanje znanja iz oblasti modeliranja i simulacije sa akcentom na diskretne događaje na kojima se baziraju proizvodni procesi, povezivanje TPS-a sa drugim CAX sistemima (CAD, CAPP, i dr.), itd.

#### 6. LITERATURA

- [1] A Report of the National Science Foundation, Blue Ribbon Panel on Simulation-Based Engineering Science, Revolutionizing Engineering Science through Simulation, 2006.
- [2] Bangsow, S.: *Manufacturing simulation with Plant Simulation and SimTalk*, Berlin, 2010.
- [3] Radenković, B., Stanojević, M., Marković, A.: *Računarske simulacije*, Fakultet Organizacionih Nauka, Beograd, 1999.
- [4] Todić, V., Penezić, N., Lukić, D., Milošević, M.: *Tehnološka logistika i preduzetništvo*, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2011.
- [5] Tecnomatix Plant Simulation, www.TPS.com.
- [6] Lukić, D.: *Razvoj sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa izrade alata za brizganje plastike*, magistarska teza, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2007.
- [7] Radulaški, P.: *Modeliranje i simulacija tehnoloških procesa izrade pozicija kućišta alata za brizganje plastike*, Diplomski-Master rad, FTN, Novi Sad, 2013.

#### Kratka biografija:



**Predrag Radulaški**, rođen je u Senti 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva-Proizvodno mašinstvo odbranio je 2013. godine.

**PRIMENA RAČUNARSTVA U OBLAKU U LOGISTICI  
APPLICATION OF CLOUD COMPUTING IN LOGISTICS**Miljan Matijević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – *Provajderi logističkih usluga suočavaju se sa porastom kompleksnosti logističkog sektora. Postoji potreba za boljim protokom podataka i boljom komunikacijom, i to je upravo ono što primena računarstva u oblaku treba da obezbedi.*

**Abstract** – *Logistics service providers are facing an increasing complexity of the logistics sector. There is a need for better data flow and better communications, and that is exactly what application of cloud computing should provide.*

**Ključne reči:** *Računarstvo u oblaku, logistika.*

**1. UVOD**

Logistika i logistički procesi postaju iz dana u dan sve više kompleksniji, dok potreba za fleksibilnošću i dinamikom raste. Trenutna IT rešenja ne mogu više u korak da prate ubrzani razvoj i sve veće zahteve logistike. Javlja se potreba za novim tehnologijama koje će omogućiti neometan i ubrzan razvoj logistiki [2].

Jedna od tehnologija koja ima tendencije da promeni naše shvatanje svih stvari koje nas okružuju, pa tako i logistike, jeste računarstvo u oblaku. Povećanjem brzine interneta na globalnom nivou, ideje koje su nastale još sredinom prošlog veka, počinju da doživljavaju svoju pravu primenu. Sve prednosti čuvanja podataka i iznajmljivanja računarskih resursa i korišćenje softvera na udaljenim serverima po potrebi, konačno su postale moguće. Logistika kao nauka i kao privredna grana je bila jedan od prvih usvajača internet tehnologije i korišćenja njenih prednosti - za praćenje roba, komunikaciju, itd., ali kao i sve stvari, i ova tehnologija ima svoj rok trajanja. Upravo na to mesto dolazi računarstvo u oblaku [1].

U ovom radu konkretan primer primene računarstva u oblaku biće logistički centar u kome figurišu četiri tipa operatera. To su: Luka Novi Sad, Carina Republike Srbije, Železnice Srbije i špedicije. Kao što se vidi, postoje tri načina prevoza robe te se svakako može reći da se radi o jednom multimodalnom logističkom centru.

Logistika se može definisati kao organizacija, planiranje, kontrola i realizacija robnih tokova od mesta nastanka do mesta prodaje preko proizvodnje i distribucije do krajnjeg korisnika u cilju zadovoljenja zahteva tržišta uz minimalne troškove i minimalne investicije. Logistika je danas sastavni deo privredno-naučne oblasti vodećih industrijskih zemalja. Napušta se izolovano posmatranje procesa nabavke, proizvodnje, trgovine, transporta, skladištenja, distribucije robe i prelazi se na sistemsko

sveobuhvatno posmatranje svih tokova materijala, energije i informacija. Međusobne veze materijalnih, energetskih i informacionih tokova podležu principima intenzivne koordinacije i integracije svih sistema i procesa preko kojih se prostorno, vremenski, kvalitativno, itd., transformišu robni tokovi u procesu reprodukcije. Intenzivan razvoj logističkih sistema bazira se na primeni osnovnog logističkog principa koji glasi: sveobuhvatna i jednovremena optimizacija svih karika materijalnih, energetskih i informacionih tokova.

Logistika podrazumeva celovito posmatranje tokova na putu - od izvora sirovina do krajnjeg potrošača finalnih proizvoda.

Nasuprot logistici, računarstvo u oblaku možemo definisati kao skladištenje, obradu i korišćenje podataka lociranih na serveru kojima se pristupa preko interneta. Ovo znači da korisnici na raspolaganju imaju gotovo neograničenu računarsku snagu koja im je dostupna po potrebi. To takođe znači da krajnji korisnici ne moraju da prave velike investicije u kupovinu novih i moćnijih računara (naravno ovde se ne misli na desktop računare). Pristup podacima je moguć sa bilo kog mesta koje ima pristup internetu.

Računarstvo u oblaku ima potencijal da smanji IT troškove, kao i da omogući velikom broju novih servisa da se razvijaju u oblaku [2].

**2. TRENUTNO STANJE KOD OPERATERA**

Analizom trenutnog stanja kod svih operatera je uočeno sledeće:

- Nedostatak usvojenog modela poslovnih procesa. Poslovni procesi nisu precizno definisani sa stanovišta ulaza, obrade i izlaza.
- Poslovni procesi nisu dokumentovani. Izlazi (pregledi i izveštaji) nisu podešeni u skladu sa aktuelnim relacijama između procesa unutar poslovnog sistema, kao i odnosima sa okolinom.
- Automatizacija poslovnih procesa je na niskom nivou. Softverske aplikacije su zastarele i međusobno nepovezane.
- Tehnička podrška (računari, periferni uređaji, uređaji za akviziciju podataka, komunikacione mreže) je na niskom nivou i nedovoljnog kvaliteta.
- Ljudski resursi su obučeni za korišćenje postojećih aplikacija, uz značajne probleme i nemogućnosti da pripreme i obezbede podatke i informacije potrebne upravljačkim strukturama za donošenje odluka u realnom vremenu.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milosav Georgijević, red.prof.**

Iz navedenog se vidi da je trenutno stanje jako loše, kao i da postoji ogroman prostor za napredak.

U osnovne procese rada Luke Novi Sad spadaju pružanje lučkih usluga i skladišnih usluga, dok procesi podrške obuhvataju prodaju, nabavku, rad magacina rezervnih delova, rada interne pumpe, rada službe ekonomsko-finansijskih poslova i službe opštih i pravnih poslova. Glavna delatnost luke jeste pružanje pretovarnih usluga i to je proces u kome se ostvaruje materijalna dodata vrednost u poslovnom sistemu Luke Novi Sad. Pod pretovarnim uslugama se podrazumevaju tri procesa:

- Istovar robe
- Utovar robe
- Pretovar robe

Kod istovara robe, roba se sa plovnih transportnih sredstava postavlja u odgovarajući prostor na kome je omogućeno delovanje sredstava rada. Utovar robe predstavlja proces suprotan ovom procesu. Pretovar robe podrazumeva premeštanje robe bez skladištenja između transportnog sredstva i transportnog plovila.

Ovi postupci su praćeni odgovarajućim nosiocima informacija i definisanim procedurama. S obzirom na činjenicu da je trenutno stanje prikupljanja i razmene ovih informacija analogno, uviđaju se prednosti koje bi novi sistem mogao da donese.

Uprava carina je izvršni organ Vlade Republike Srbije u sastavu Ministarstva finansija, koji sprovodi carinsku politiku Republike Srbije.

Svoje poslove i zadatke Uprava carina obavlja preko 15 područnih jedinica - carinarnica, u okviru kojih su, kao uže unutrašnje jedinice, organizovane carinske ispostave i carinski referati. Carinarnice preko svojih organizacionih jedinica sprovode carinski postupak u putničkom i robnom prometu:

- Mere carinskog nadzora
- Carinjenje robe
- Suzbijanje nelegalnog uvoza
- Carinski upravni i carinski prekršajni postupak
- Prodaju carinske robe
- Prinudnu naplatu carinskih dažbina

Carinarnica Novi Sad, koja u ovom slučaju i predstavlja jednog od operatera u logističkom centru, nalazi se odmah uz Luku Novi Sad. Idealno mesto za terete koji dolaze u luku, toware se i odlaze na carinjenje, a zatim se dalje transportuju do krajnjih odredišta. Analizom za javnost dostupnih informacija o radu carine, dolazi se do zaključka da su IT tehnologije u carini, ukoliko se u obzir uzme stanje u ostalim operaterima, na izuzetno visokom nivou.

Tako bar to izgleda "na papiru". Iz razgovara sa špediterima autor je došao do saznanja da se i u ovom slučaju većina poslova završava analognim putem, iako je posredstvom portala euprave Republike Srbije moguće podneti zahtev za elektronsko podnošenje carinske deklaracije ili zahtev za proveru stanja bankovskih garancija.

Železnicu i špediciju zbog sličnosti posla koji obavljaju možmo posmatrati na sličan način. Što se tiče železnice i primene IT tehnologija je ubedljivo na najnižem nivou od svih operatera. Razlog za ovu činjenicu leži u tome što se nisu pravovremeno pratili tehnološki trendovi ostatka sveta. Jednom rečju, železnica je ostala u nekom prošlom vremenu.

U slučaju špedicije ne postoji jedan korektan primer koji bi posmatrali, jer luka ne posluje samo sa jednom špedicijom nego sa više njih. Upravo iz tog razloga stanje koje vlada u špedicijama je veoma raznoliko. Ima onih koje su razvile i koje prate savremene trendove, ali je daleko veći broj onih koje posluju modelima koji su slična sa prethodna tri opisana.

Što se tiče komunikacije i razmene informacija između operatera ovog sistema, ona se u najvećem broju dešava posredstvom telefona, što je neprihvatljivo za doba u kojem živimo. Eventualno se neki dokument pošalje telefaksom ili u manjem broju slučajeva posredstvom elektronske pošte.

### 3. PRIMENA RAČUNARSTVA U OBLAKU

Uslužni model oblaka može biti [3]:

- Softver kao usluga
- Platforma kao usluga
- Infrastruktura kao usluga

Zavisno od potreba, zavisice i izbor određenog uslužnog modela. Sva tri servisa su dostupna posredstvom globalnog širenja širokopojasnog interneta poslednjih godina. Iz tih razloga javilo se smanjenje potrebe za fizičkim posedovanjem infrastrukture pa čak i softvera – jednostavno, sve je premešteno u oblak. Stoga je prvi odabir koji se mora napraviti odabir uslužnog modela koji ćemo koristiti.

Softver kao usluga je najmanje fleksibilan i predstavlja rešenje koje je gotovo i nad kojim imamo najmanju fleksibilnost. Pravi primer softvera kao usluge je online email servis, kao što je gmail ili yahoo mail. Ako se koristi neki od ovih servisa to ne znači da se hostuje sopstveni email server, on se samo koristi kao softver kao uslugu.

Google, odnosno yahoo ga hostuju i mi jednostavno imamo pristup preko browser klijenta. Naravno, email je najbanalniji primer ove vrste usluge. Svakako da postoje usluge koje su mnogo složenije od email-a. Logistički oblak mogao bi da funkcioniše na ovaj način. To bi značilo da se od provajdera usluge uzima gotovo rešenje koje je generalno napravljeno za sve logističke centre sa manjim izmenama. U ovom slučaju stepen fleksibilnosti i prilagodljivosti određenom sistemu je jako mali.

Verovatno bi se sreli sa velikim brojem ograničenja. Dovoljno je pogledati email naloga na gmail-u. Svaki je manje više isti, zar ne!?

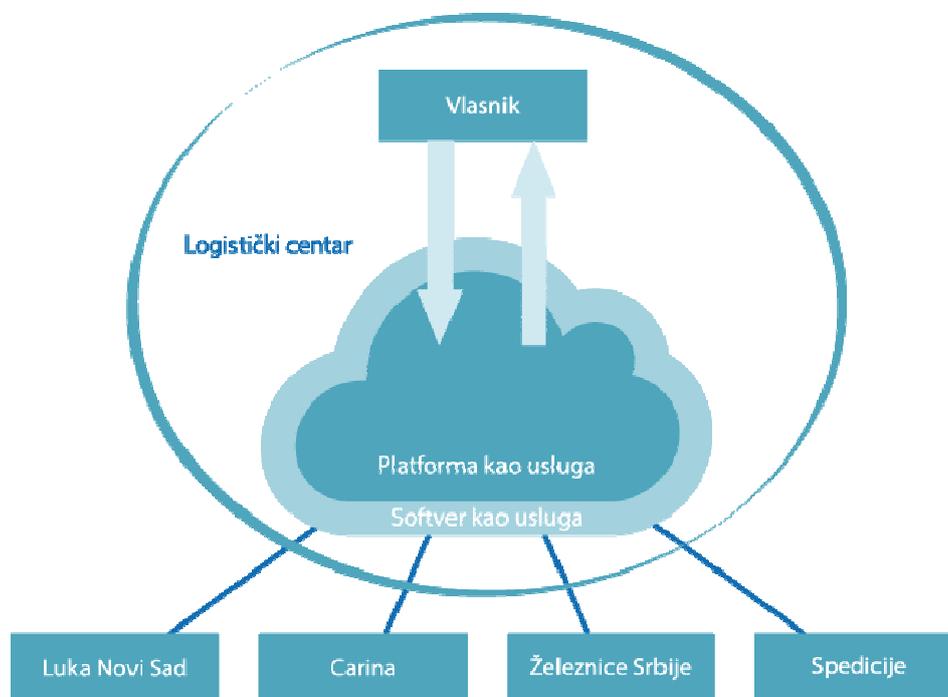
Infrastruktura kao usluga predstavlja totalnu suprotnost softverskom rešenju uslužnog modela. U slučaju ovog scenarija, zadržava se potpuna kontrola nad celokupnim softverskim rešenjem, ali nema potrebe za brigom o hardveru. Jednostavno nema potrebe za kupovinom servera i smeštanjem istih u posebne klimatizovane prostorije. Umesto toga odlaskom kod provajdera ovakvog tipa usluge na raspolaganju stoji velik broj virtualnih mašina. Mogućnosti su neograničene. Mana ovakvog sistema je što je celokupan razvoj aplikacija za potrebe, u ovom primeru, logističkog centra na vlasnicima centra. Možda to deluje kao dobra ideja, ali nije iz više razloga. Postoje timovi koji su uigrani u razvoju aplikacija svih tipova i jednostavno ne postoji način da se to uradi na bolji ili jeftiniji način od njih. Pošto se ovde radi o trenutnom hitu u svetu i dizanju svega u oblak, teško je naći nekog ko ima iskustva.

Iz svega ovog navedenog jasno je da ovaj tip uslužnog modela ne može biti pogodan za primenu u logističkom centru.

Namerno preskočen, uslužni modela platforme kao usluge, najlakše je definisati kao model koji se nalazi između prethodna dva opisana - nije tabula rasa kao platforma kao usluga, a sa druge strane nije gotov proizvod kao što je uslužni softverski model. Platforma

kao usluga daje potrebne aplikacije i alate razvojnim timovima za tačno određen tip platforme.

Primeru radi, Microsoft Windows Azure razvojnim timovima omogućava pristup alatima za razvoj mobilnih aplikacija, društvenih servisa, websajtova, igara i mnogo čega. Shodno predhodnom, idealan uslužni model bi bio spoj softvera kao usluge i platforme kao usluge, što je i prikazano na slici 1.



Slika 1. Primer uslužnog modela koji je najpogodniji za upotrebu.

Kao što se vidi na slici 1., koristi se hibridni uslužni model, odnosno spoj platforme kao usluge i softvera kao usluge. Vlasnik kapitala, odnosno logističkog centra i/ili oblaka, upravlja svime u oblaku. On odlučuje ko će dobijati koje tipove informacija i ko će moći čime da upravlja u oblaku. Na slici je prikazano da vlasnik upravlja dubljim slojem oblaka, tj. platformom kao uslugom.

Uz pomoć platforme kao usluge razvija se softver koji je potreban sa maksimalnom fleksibilnošću prema trenutnom sistemu ili svim budućim sistemima.

Upravo je to ono što nam uslužni model platforme kao usluge obezbeđuje. Što se tiče operatera logističkog centra oni na korišćenje dobijaju uslužni model softver kao usluga.

Najbolji način pristupa ovakvom tipu oblaka bi bio preko brovsera, jer se upravo na taj način smanjuje potreba operatera za ulaganjem u novu opremu, a istovremeno postoji mogućnost pristupa sa mobilnih uređaja koji imaju pristup internetu, poput pametnih telefoni ili tabelt uređaji.

Zavisno od toga koji je operater u pitanju, svaki će dobiti model koji je maksimalno podešen za sopstvene potrebe.

#### 4. PREDNOSTI I MANE

Ovde se prilikom razmatranja upotrebe ovog sistema javljaju pitanja vezana za njegove prednosti u odnosu na trenutni sistem, kao i veliko pitanje držanje i obavljanje većeg dela poslovanja, osetljivih podataka i komunikacije

posredstvom oblaka. Prednosti korišćenja ovakvog sistema razmene podataka i komunikacije su sledeće:

- Dostupnost svim podacima, sa bilo kog mesta, u svakom trenutku, u realnom vremenu
- Trenutna komunikacija sa svim članovima oblaka
- Donošenje pravih odluka u pravom trenutku
- Mogućnost smanjivanja čekanja
- Smanjenje potrošnje goriva i električne energije boljom organizacijom
- Smanjenje zagađenja
- Smanjenje troškova i vremena transporta
- Ušteda vremena
- Povećan stepen automatizacije i smanjenje mogućnosti ljudske greške

Naravno, pored svih prednosti koje jedan ovakav sistem razmene informacija i komunikacije donosi sa sobom, postoji i određen broj mana koje poseduje:

- Zavisnost od interneta
- Zavisnost od električne energije
- U slučaju pada sistema na glavnom serveru ceo sistem ne radi
- Ograničenja vezana za korišćenja određenih platformi
- Sigurnost
- Gubitak kontrole
- Fleksibilnost.

## 5. ZAKLJUČAK

Držanje koraka sa stalnim razvojem tehnologija i njihovom implementacijom u logistici, od velikog je značaja za firme čija je glavna delatnost pružanje logističkih usluga. Računarstvo u oblaku i njegova primena u logistici predstavlja veliki izazov sa kojim provajderi logističkih usluga tek treba da se suoče.

Razvoj osnovnih koncepata na kojima treba da bude bazirana ponuda logističkih usluga je još uvek u razvoju. Ne može se sa velikom tačnošću znati kada će on u potpunosti i na pravi način zaživeti, ali sigurno je da jednog dana hoće.

## 6. LITERATURA

- [1] M. Georgijević, "*Tehnička logistika*" Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 2006.
- [2] S. Zečević, "*Robni terminali i robno-transportni centri*", Beograd, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, 2009.
- [3] P. Mell, T. Grance, "*The NIST definition of cloud*", USA, Nationale institute of standards and tehnology, 2011.

### Kratka biografija:



**Miljan Matijević** rođen je u Sremskoj Mitrovici 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo - Projektovanje računarom, transport i logistika, odbranio je 2013.god.

**SIMULACIONI MODEL VISOKOREGALNOG SKLADIŠTA SA DODATNIM VALJKASTIM TRANSPORTERIMA UNUTAR HODNIKA REGALA****SIMULATION MODEL OF A HIGH BAY WAREHOUSE WITH ADDITIONAL ROLLER CONVEYORS IN AISLES BETWEEN RACKS**

Slobodan Štetak, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad daje predlog za povećanje efikasnosti visokoregalnog skladišta dodavanjem konvejera unutar hodnika regala skladišta. Za dati sistem urađena je simulacija u programskom paketu ED (Enterprise Dynamics) koja je upoređivana sa simulacijom konvencionalnog sistema skladišta, na osnovu čega je dobijena razlika efikasnosti ova dva sistema.

**Abstract** – In this work a proposal for increase of efficiency of a high bay warehouse by adding conveyors inside a hall between warehouse racks is given. Simulation has been done for the mentioned system with the software ED and it was compared with a simulation of a conventional warehouse system, with that difference in efficiency between these two systems was found.

**Ključne reči:** Simulacije, Skladište

**1. UVOD**

U savremenoj logistici nemoguće je izbeći skladištenje robe u bilo kom smislu, jer su zahtevi tržišta i potrošača postali vrlo kompleksni i nepredvidivi. Zbog toga se razvijaju skladišta sa velikim kapacitetima i frekvencijom ulaza i izlaza roba, koji mogu da izađu u susret takvim izazovima. Povećanjem skladišta mora se povećati brzina ulaza i izlaza transportnih jedinica odnosno obrt skladišta, međutim sa sistemima koji su danas u upotrebi dostignute su granične vrednosti. Dodavanjem konvejera unutar hodnika regala, uz inteligentan sistem ulaganja i izuzimanja paleta, moguće je značajno pomeriti granicu efikasnosti koju su dostigli dosadašnji sistemi.

**1.1. Skladišta**

Pod skladištenjem se podrazumeva privremeno ili trajno čuvanje robe, u cilju amortizacije prostornih i vremenskih neravnomernosti koje se javljaju u protocima roba. Skladištenje kao proces nastalo je sa proizvodnjom. Sam razvoj proizvodnje inicirao je izgradnju skladišta, a konkurentnost na tržištu dovela je do njihove revolucije.

Osnovne uloge skladišta u logističkim lancima su:

- usaglašavanje oscilovanja isporuka i daljeg toka roba;
- usaglašavanje oscilovanja (neujednačenosti) isporuka i potrošnja;
- osiguranje brze moći (sposobnosti) isporuke;
- tehnološki zahtevi (npr. starenje, dodatno zrenje i sl.);
- špekulacije na tržištu itd.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milosav Georgijević, red.prof.

Odluka o centralizovanom ili decentralizovanim skladištu, kao i njihovoj formi i kapacitetu, treba biti potkrepljena odnosom cena skladištenja i transporta, kao i opravdanim zahtevima za kapacitetom i tehnologijom skladištenja [1].

**1.2. Kapacitet i popunjenost skladišta**

Kapacitet skladišta se može definisati kao raspoloživi broj skladišnih mesta kod već postojećih skladišta ili kao funkcija očekivanih potreba za skladištenjem u slučaju kada se tek razmatra njegova izgradnja. Kapacitet skladišta proizilazi iz prethodnih studija (simulacija) i očekivanih potreba za tokovima materijala.

Broj regalnih hodnika ili dubina paletnih mesta, određuju se npr. simulacijama rada, tako da se zadovolje zahtevi frekvencije broja ulaza i izlaza paleta.

Od nazivnog broja paletnih mesta, nikad nisu sva popunjena, jer bi to značilo blokadu dinamičke funkcije skladišta. Skladišta koja su popunjena preko 80% (u proseku) imaju već zadovoljavajući nivo popunjenosti.

Parametri skladišta na koje se može najviše uticati kako bi se dobila veća efikasnost su:

**Vreme boravka** robe u skladištu je jedan od najvažnijih pokazatelja rada skladišta iz prostog razloga što direktno utiče i na ostale parametre,

**Obrt** predstavlja odnos brzine uzimanja i stanja skladišta. On teoriski predstavlja vreme za koje bi se skladište napunilo i opet ispraznilo kako bi bilo u mogućnosti da opet primi novu robu,

**Ciklusi rada skladišne opreme** može se predstaviti kao srednje vreme ciklusa rada svih mašina (glavno-produktivno i pomoćno) za unos transportnih jedinica od ulaza do skladišnog mesta ili obrnuto [1].

**1.3. Visokoregalna skladišta**

Visokoregalna skladišta predstavljaju jednu od mnogih vrsta skladišta koji su u upotrebi danas. Visokoregalna skladišta koriste visinu regala (12 m do 50 m) kako bi se smanjila površina potrebna za njihovu gradnju. Ukoliko je dostignuta maksimalna visina, a nije zadovoljen predviđeni kapacitet, mora se uzeti u obzir povećanje dužine regala, a nikako širina skladišta.

Visokoregalna skladišta odlikuje upotreba visokoregalnih dizalica različitih tipova i u većini slučajeva služe za manipulaciju sa paletama. U upotrebi su automatizovane dizalice - ASRM (Automated Storage and Retrieval Machines) sa dizajnom nošenja jedne, dve ili tri palete, sa kapacitetom i preko 2 t. Dizalice se kreću u hodnicima visokoregalnih skladišta. Hodnici su, u stvari, uski prolazi između regala visokoregalnog skladišta čija širina zavisi od tipa dizalice koji se primenjuje. Dizalica istovremeno

vrši i horizontalno i vertikalno kretanje do zadate paletne destinacije, gde ostavlja paletu (kod prijema paleta u skladište) ili gde uzima paletu kod izuzimanja paleta iz skladišta.

Najmanje jedna frontalna zona je potrebna za normalno funkcionisanje visokoregalnog skladišta, a može se imati i više frontalnih zona. [3]

Regali u skladištima konstruisani su od raznih vrsta čeličnih profila, čija masa iznosi do 10% skladišnog kapaciteta, što implicira da se njihovom izboru treba posvetiti pažnja. Koji će profil biti upotrebljen zavisi od visine regalne konstrukcije, zahtevane nosivosti paletnih mesta, zahtevane fleksibilnosti, paletnih mesta i celokupnog skladišta itd. [1]

Postoje dve vrste regalnih sistema za visokoregalna skladišta i to:

- regali koji se montiraju u građevinski objekat i
- regali koji istovremeno nose zidove i krov visokoregalnog skladišta (samonoseći tip VRS). [3]

#### 1.4. Regalne dizalice

Pod regalnim dizalicama podrazumevamo specijalnu vrstu dizalica namenjenu za rad u regalnim i visokoregalnim skladištima. Regalne dizalice nisu slobodno pokretne u prostoru već se kreću po šinama unutar hodnika među regalima. Osnovna podela regalnih dizalica u konstruktivnom smislu može biti na:

- jednostubne
- dvostubne

Dizalica se kreće po horizontalno postavljenoj šini vezanoj za podlogu dok se gore nalazi podužna šina za vođenje.

Prednost ovog koncepta je u rasterećenju regalne konstrukcije, nezavisnosti šine u podu od elastičnih i montažnih deformacija regala, lakši nadzor i kontrola rada pogonskih mehanizama.



Slika 1. Jednostubna i dvostubna regalna dizalica

Sa aspekta automatizacije rada regalne dizalice mogu biti:

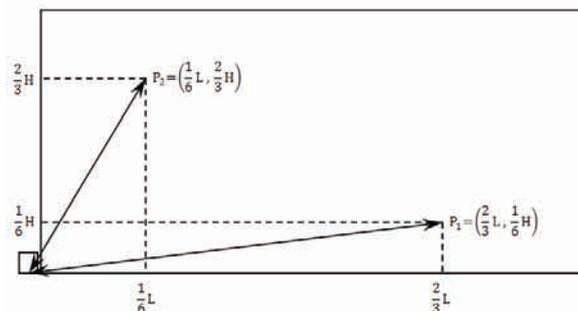
- ručno upravljane,
- poluautomatizovane i
- automatizovane.

Vreme trajanja radnog ciklusa regalne dizalice izračunava se kao i kod drugih transportnih mašina, uz uzimanje u obzir specifičnost rada, odnosno zahteva. Radni ciklusi koji su danas najčešće u upotrebi jesu jednostavni i kombinovani ciklus prikazani na slikama 2. i 3.

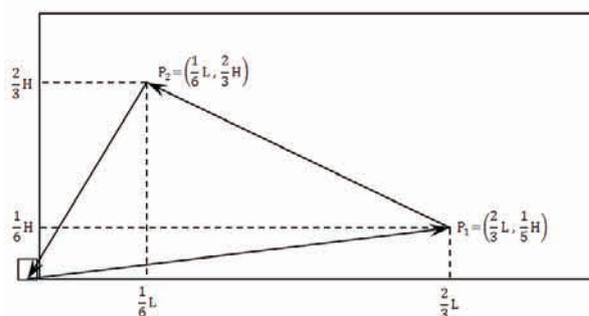
Ulaznu i izlaznu zonu za transportne jedinice moguće je postaviti na razne pozicije u skladištu i mogu se vršiti kombinacije tih pozicija:

- ulaz i izlaz na istoj strani regala,

- ulaz na jednoj strani dok je izlaz na suprotnoj strani regala,
- ulaz i izlaz na istoj strani regala ali su visinski pomereni i
- ulaz i izlaz na sredini regala [1].



Slika 2. Jednostavan ciklus



Slika 3. Kombinovani ciklus

## 2. SIMULACIJA KAO METOD ZA ANALIZE RADA

Simulacija je postala široko upotrebljavana metoda kojom se opisuju i analiziraju realni procesi ili sistemi, i eksperimentišu potencijalna rešenja datih problema, najčešće u cilju iznalaženja optimuma.

Simulacija je alat za evaluaciju performansi postojećeg ili novo predstavljenog sistema, pod različitim konfiguracijama za različite uslove i dugim periodima rada u realnom vremenu.

Upotrebljava se pre implementacije izmena u postojeće rešenje ili pre izgradnje potpuno novog sistema, kako bi se smanjile pojave greški, problema, dostigle specifikacije, izbegla tzv. uska grla, sprečilo preveliko ili premalo iskorišćenje resursa i optimizovale performanse sistema. Kod sistema koji već funkcioniše, simulacije najčešće imaju zadatak da provere racionalnost funkcionisanja sistema i uoče eventualne mogućnosti optimizacije.

Simulacije sistema u razvojnoj fazi su nezamenjiv alat za analizu celokupnog ili delova sistema, čime se testira koncepcija i mogućnost realizacije u cilju optimizacije po unapred utvrđenim kriterijumima.

Eksperimentisanje kroz simulacije pruža mogućnosti za:

- opis dinamičkog ponašanja sistema u realnom vremenu,
- postavljanje i razvoj teorija i hipoteza za upravljanje i korekciju pri nekom poremećaju,
- reagovanje sistema i okoline na ekstremne poremećaje (čak i na granici realno mogućih) itd.

Za razliku od eksperimenata sa realnim objektima, simulacije omogućavaju eksperimente uz minimalnu cenu, minimalno uloženo vreme, variranje svih relevantnih parametara, bez rizika i prethodnih optimizacija,

ispitivanja tolerancija i grešaka sistema. Pri tome akcenat treba staviti samo na ulazne podatke i modeliranje. Loši ulazni podaci dovode do grešaka i prividno korektnih rezultata koji neminovno vode u zablude. Stoga se kao nužnost nameće studiozno izučavanje ulaznih podataka, metoda modeliranja i granica moći alata [2].

### 2.1. Programski paket ED (Enterprise Dynamics)

Programski paket ED namenjen je za simulacije tokova materijala u: proizvodnim linijama, skladišnim sistemima, aerodromima, transportnim sistemima, ugostiteljskim objektima itd.

Pre izvršenja simulacije potrebno je kreirati model koji se sastoji od malog ili velikog broja međusobno povezanih tzv. atoma.

ATOM – element modela kojim se predstavlja određeni funkcionalni deo realnog sistema; određen je ulaznim i izlaznim kanalima i parametrima kojima se dovodi u vezu sa ostalim atomima modela [2].

## 3. SIMULACIONI MODEL VISOKOREGALNOG SKLADIŠTA SA DODATKOM VALJKASTIH TRANSPORTERA UNUTAR HODNIKA REGALA

Sistem visokoregalnog skladišta sa dodatkom valjkastih transportera osmišljen je tako da što bolje iskoristi rad dizalice, time što sama regalna dizalica skoro ni u jednom trenutku neće napustiti regalni prostor. To je moguće samo ukoliko se transportna jedinica pre ulaganja dovede do regalne dizalice i ako se nakon uzimanja iz regala ista odvede od regalne dizalice koja nastavlja nesmetano svoj rad. Najbolji sistemi za ovaj zadatak jesu uređaji neprekidnog transporta, koji su već u velikoj upotrebi u ulaznim i izlaznim zonama regalnih skladišta.

### 3.1. Princip rada visokoregalnog skladišta sa dodatnim valjkastim transporterima

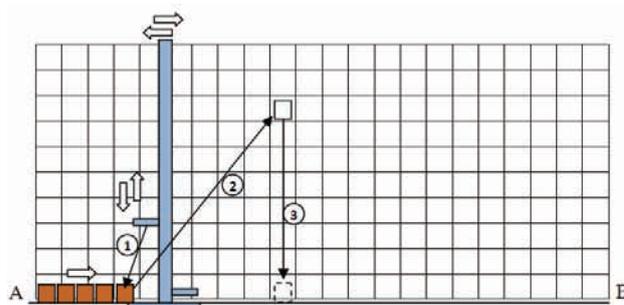
U odnosu na konvencionalni ciklus rada kod visokoregalnog skladišta koji je danas najviše u upotrebi (kombinovani ciklus), ciklus ovog sistema razlikuje se u tome što dizalica u veoma retkim slučajevima dolazi do početka ili kraja regala odnosno skoro celo svoje radno vreme provede u regalnom prostoru.

Princip rada sistema sa dodatnim valjkastim transporterima, pored klasičnih ciklusa ulaganja i izuzimanja paleta, može biti podeljen u dva glavna ciklusa rada:

- *Ciklus ulaganja definisanog broja paleta u regalno skladište*
- *Ciklus uzimanja definisanog broj paleta iz regalnog skladišta*

Pre ciklusa ulaganja paleta potrebno je određeni broj paleta (u simulaciji je uzeto u obzir 20 paleta) sortirati po kolonama u regalima, počevši od paleta koja se ulaže u kolonu regala najbliže polaznoj tački A, pa sve do paleta koja se ulaže u kolonu regala najdalju od polazne tačke A.

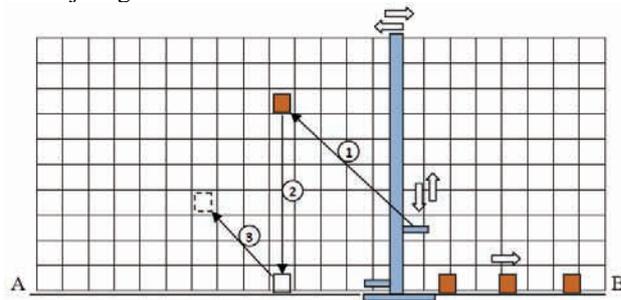
Ciklus ulaganja paleta počinje dolaskom dizalice na poziciju za uzimanje prve paleta koja se nalazi u nizu (1). Nakon uzimanja paleta dizalica vrši horizontalno i vertikalno kretanje sa paletom, do pozicije ulaganja paleta u regal odnosno do odgovarajućeg paletnog mesta (2).



Slika 4. *Ciklus ulaganja definisanog broja paleta u regalno skladište*

Dok regalna dizalica vrši pomeranje i pozicioniranje paleta, ostatak paleta, posredstvom pogonjenih valjkastih transportera, pomera se duž hodnika sve dok ne dođe do stuba regalne dizalice. Kada regalna dizalica završi proces ulaganja paleta, sledi vertikalno spuštanje podizača do paleta koja je sada prva u nizu, i vrši njeno zahvatanje (3). Ciklus se zatim ponavlja sve dok se sve palete koje su ušle u hodnik zajedno sa regalnom dizalicom ne ostave u regale skladišta.

Pre ciklusa uzimanja paleta iz regala, umesto sortiranja paleta potrebno je sortirati narudžbenice po kojima se vrši izuzimanje paleta iz regala skladišta. Narudžbenice su sortirane tako da je prva paleta koju je potrebno uzeti iz regala, ona koja je najbliža izlaznoj zoni tj. tački B, dok se svaka naredna paleta koju je potrebno izuzeti iz regala nalazi ispred prethodno uzete paleta gledajući u smeru kretanja regalne dizalice.



Slika 5. *Ciklus uzimanja definisanog broj paleta iz regalnog skladišta*

Ciklus uzimanja paleta iz regala započinje horizontalnim i vertikalnim kretanjem regalne dizalice duž hodnika do prve paleta u regalu koju je potrebno izuzeti (1). Nakon pozicioniranja i uzimanja paleta iz regala, vrši se horizontalno spuštanje paleta i podizača do valjkastih transportera, nakon čega se vrši ostavljanje paleta na njih (2). Kada je paleta ostavljena regalna dizalica nastavlja svoj rad dok se sama paleta, posredstvom pogonjenih valjkastih transportera, kreće prema izlazu iz regala skladišta. Regalna dizalica kreće se ka narednom paletnom mestu gde se nalazi sledeća paleta koja treba da bude uzeta iz regala (3) i tako se ciklus ponavlja sve dok se ne izuzme prethodno definisani broj paleta.

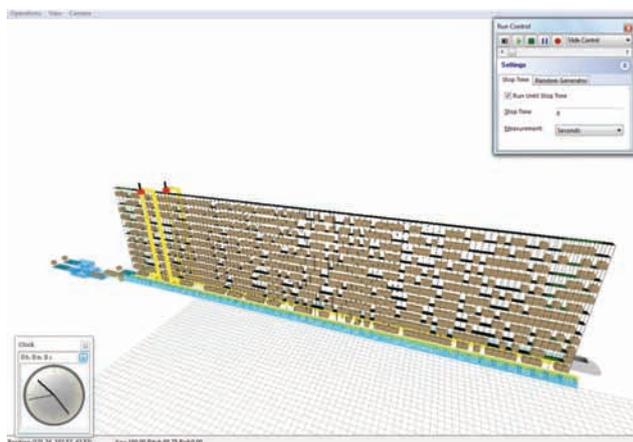
Proces sortiranja paleta vrši se simultano sa procesom izuzimanja paleta iz regala. Kada se definisani broj paleta izuzme iz regala skladišta, odnosno ciklus uzimanja definisanog broja paleta završi, počinje proces ulaganja sortiranih paleta u regale skladišta. Za to vreme ovoga puta sakupljaju se i u isto vreme sortiraju narudžbenice kako bi se ciklus nesmetano i neprekidno odvijao.

Broj paleta koji će se ulagati ili uzimati iz regala skladišta može biti različit a zavisi od obrta skladišta, veličine skladišta i brzine regalne dizalice. Konkretna broj definisan je od strane logističara koji upravlja sistemom.

### 3.2. Simulacija modela uz pomoć programskog paketa ED

Primer simulacije urađen je za prethodno opisan sistem visokoregalnog skladišta sa dodatnim transporterima unutar hodnika regala. Simulacijom je obuhvaćen samo jedan regal visokoregalnog skladišta, čiji su rezultati bili upoređivani sa simulacijama visokoregalnog skladišta sa kombinovanim ciklusom rada. Upoređivanjem rezultata ove dve simulacije mogu se dobiti povoljniji rezultati koji važe i ukoliko se sistem primeni na celo visokoregalno skladište.

Simulacije su izvršene na regalima različite dužine kako bi se video uticaj povećanja i smanjenja dužine regalnog prostora na efikasnost sistema. Simulacije su vršene na sledećim dužinama regala skladišta: 80 m, 100 m, 120 m, 140 m i 160 m. Ostali parametri uvek su ostajali identični.



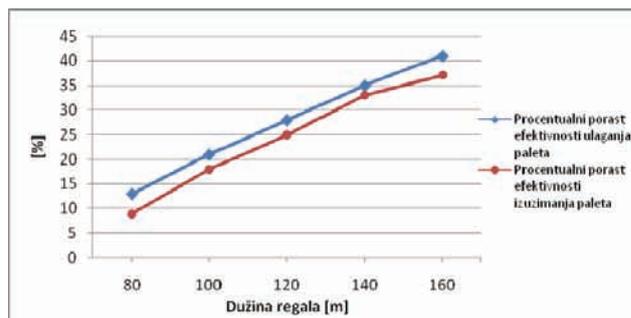
Slika 6. Prikaz 3D modela u programu ED

### 4. REZULTATI SIMULACIJE VISOKOREGALNOG SKLADIŠTA SA DODATNIM KONVEJERIMA U HODNIKU REGALA

Simulacijom ovog sistema želelo se proveriti koliko je veća efikasnost (obrt) visokoregalnog skladišta sa dodatnim valjkastim transporterima unutar hodnika regala, pri čemu se gledaju procesi koji se dešavaju samo u regalnog prostora, u odnosu na klasično visokoregalno skladište sa kombinovanim ciklusom ulaganja i izuzimanja paleta. Simulacija je vršena deset puta za oba sistema i za sve dužine regala skladišta. Simulacije je vremenski trajala identično za svaki sistem i bila je izvršena pri identičnim uslovima. Broj uzoraka, iako mali, prikazuje dijapazone u kojima se kreću brojevi paleta koje su ušle i izašle iz regalnog prostora. Broj paleta koji uđe i izađe iz regalnog prostora zavisi isključivo od kombinacije paletnih mesta koje treba opslužiti i zbog toga se uzimaju osrednjene vrednosti ovih parametara.

Razlika broja paleta između dva prethodno navedena sistema, koje su ušle i koje su izašle iz regala skladišta mogu se prikazati procentualno za svaku simuliranu dužinu regala. Sa slike 7 vidimo da postotci već kod regala skladišta dužine 80 m nisu zanemarivi, međutim

kod regala dužine 160 m može se primetiti da ta razlika prelazi čak 40 %.



Slika 7. Procentualni porast efikasnosti ulaganja i izuzimanja paleta

Trend porasta efikasnosti sistema visokoregalnog skladišta sa dodatnim konvejerima unutar hodnika regala prikazan na slici 7 ukazuje na to da bi se sa daljim povećanjem dužine skladišta ovaj trend nastavio. Uočava se uzlazna linija koja prikazuje skoro linearno povećanje efikasnosti sa povećanjem dužine regala skladišta.

### 5. ZAKLJUČAK

Primena dodatnih transportera u hodnicima regalnih skladišta koji rade u tandemu sa regalnim dizalicama je inovativni pristup sve većem problemu skladištenja, potkrepljen simulacionim modeliranjem, otvara vrata unapređenju metoda za ulaganje i izuzimanje transportnih jedinica u visokoregalnim skladištima. Istraživanje je vršeno samo na paletnim transportnim jedinicama ali se sa velikom sigurnošću može pretpostaviti da se ovaj sistem može primeniti i kod manipulacije ostalih transportnih jedinica.

### 6. LITERATURA

- [1] M. Georgijević, "Regalna Skladišta", Mala velika knjiga, Novi Sad, 1995.
- [2] M. Georgijević, "Simulacije", FTN - skripta, Novi Sad, 2005.
- [3] D. Radić, "Poslovna logistika", br. 22, Avgust 2009., strana 38, ISSN 1452-4767.

### Kratka biografija:



**Slobodan Štetak** rođen je u Subotici 1988. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Projektovanje mašina, transport i logistika odbranio je 2013.god.

**OPTIMALNI OBLIK PRITISNUTOG ŠTAPA NA ELASTIČNOJ PODLOZI ČIJA JE POVRŠINA POPREČNOG PRESEKA OGRANIČENA****ON THE OPTIMAL SHAPE OF A COLUMN WITH ELASTIC FOUNDATION WITH RESTRICTIONS ON CROSS-SECTIONAL AREA***Sandra Grbić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu posmatrali smo optimalni oblik uklještenog štapa na elastičnoj podlozi sa i bez ograničenja. Odredili smo optimalni oblik uklještenog štapa na elastičnoj podlozi sa ograničenjima koristeći Pontriaginov princip uz pretpostavku da se štap izvija u dva moda, za isti, optimalni oblik poprečnog preseka. Analizirali smo štap na elastičnoj podlozi Vinklerovog tipa i štap bez podloge. Pokazano je da optimizacija može biti bimodalna.

**Abstract** – In this paper we observed optimal shape of an elastic compressed column with clamped ends with or without restrictions on cross-sectional area. We have determined the optimal shape of an elastic compressed column with clamped ends with restrictions by using Pontryagin's principle assuming that the rod bends in two modes, for the same optimal shape of cross-sectional area. We analyzed a column on elastic foundation of Winkler type and a column without foundation. It is shown that the optimization can be bimodal.

**Ključne reči** - Optimalni oblik, Bimodalna optimizacija

**1. UVOD**

Problem određivanja oblika štapa date zapremine koji je najotporniji na savijanje je izuzetno važan inženjerski problem. Cilj optimizacije je da maksimalno opterećenje štapa koji je elastično oslonjen sa ograničenjem na savijanje optimalno projektujemo tako da dobijemo ili minimalni poprečni presek ili maksimalno ograničenje pritiska. Problem optimalnog oblika štapa koji je prosto oslonjen je formirao Lagranž [5] i sad je poznat kao Lagranžev problem. Tačno rešenje tog problema je dato u radu Clausen-a [4]. Lagranžev problem za štap sa uklještenim krajevima i graničnim uslovima je bio tretiran u radu Tadjbakhsh i Keller [10]. Takvi granični uslovi vode do bimodalne optimizacije. To znači da optimalna struktura može da poseduje dva linearno nezavisna moda savijanja. U radu Olhoffa i Rasmussena [7] pokazano je da je za štap uklješten na krajevima sa graničnim uslovima neophodna bimodalna formulacija problema. U Seyranian [9] radu problem aksijalno opterećenog štapa sa uklještenim krajevima i početnim uslovima rešen je za tri određena slučaja:

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Branislava Novaković, red. prof.

1.  $n = 1$  moment inercije je  $I = kA$ ,
2.  $n = 2$  moment inercije je  $I = kA^2$ ,
3.  $n = 3$  moment inercije je  $I = kA^3$ .

U ovom radu ćemo proučavati štap na elastičnoj podlozi, koji se često sreće u inženjerskoj praksi. Odredićemo optimalni oblik štapa uklještenog na krajevima na elastičnoj podlozi sa ograničenjima. Koristićemo Pontriaginov princip maksimuma, uz pretpostavku da se štap izvija u dva moda za isti, optimalni oblik poprečnog preseka. Dozvolićemo mogućnost da se štap optimalnog oblika može izvititi u dva različita moda. Numeričkom analizom ćemo obuhvatiti nekoliko različitih vrednosti parametra opterećenja i podloge za koje ćemo odrediti optimalni oblik štapa. Pretpostavićemo da je veza između momenta inercije i površine poprečnog preseka iskazana kao  $I = \alpha A^n$ , pri čemu uzimamo da je  $n = 1, 2, 3$ .

**2. OPTIMIZACIJA**

Problem optimizacije možemo posmatrati na sledeći način. Neka je  $\mathbf{y}(x)$  vektor realnih funkcija realne promenljive  $x$ , t.j. gde su  $y_i(x)$  funkcije nezavisno promenljive  $x$ .

$$\mathbf{y}(x) = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

Funkcija  $y$  zadovoljava ograničenja u vidu diferencijalnih jednačina. Jednačine koje predstavljaju ograničenja su diferencijalne jednačine ravnoteže, geometrijski uslovi i konstitutivne jednačine štapa. Kriterijum optimalnosti u našem slučaju predstavlja zapremina (masa) štapa. Moguće je primeniti nekoliko oblika optimizacije, ima ih tri.

Prvi postupak koji je ujedno i najstariji, pošto potiče od Lagranža, je postupak određivanja oblika štapa načinjenog od date količine materijala kod koga je sila izvijanja najveća. Pošto je ovaj postupak baziran na statičkom (Ojlerovom) kriterijumu stabilnosti on je primenljiv samo u onim slučajevima u kojima je i Ojlerov postupak primenljiv.

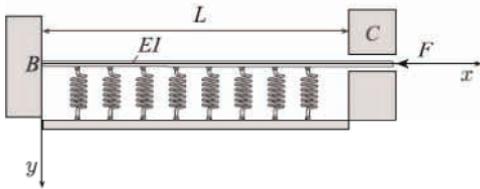
Drugi postupak predstavlja određivanje optimalnog oblika štapa tako da on ima najmanju moguću zapreminu, za unapred datu silu izvijanja.

Treći postupak optimizacije oblika štapa se zasniva na dinamičkom kriterijumu stabilnosti, za razliku od prethodna dva koji su statički. Pri ovom postupku, uz dato

ograničenje na zapreminu određuje se oblik štapa kod kojeg najmanja kružna frekvencija štapa ima najveću vrednost.

### 3. OPTIMALNI OBLIK UKLJEŠTENOG ŠTAPA SA OGRANIČENJEM POVŠINE POPREČNOG PRESEKA

Posmatračemmo štap  $BC$  prikazan na Slici 5.1. Osa štapa u nedeformisanom stanju ima dužinu  $l$  i poklapa se sa  $x$ -osom Dekartovog pravougaonog koordinatnog sistema  $xBy$ . U tački  $C$  štap je opterećen silom  $F$  konstantnog inteziteta čiji se pravac poklapa sa  $x$ -osom. Štap se nalazi na elastičnoj podlozi Vinklerovog tipa, tako da na njega deluje raspodeljena sila. Videti[3].



Slika 2.1 .Štap u nedeformisanom stanju na elastičnoj podlozi uklešten na krajevima

Jednačine ravnoteže za ovaj slučaj su:

$$\frac{dH}{dS} = 0, \frac{dV}{dS} = -q_y, \frac{dM}{dS} = -V \cos \theta + H \sin \theta \quad (2.1)$$

gde su  $H$  i  $V$  horizontalna i vertikalna komponenta glavnog vektora unutrašnjih sila u proizvoljnom preseku štapa,  $M$  je glavni moment unutrašnjih sila u proizvoljnom preseku,  $\theta$  ugao između tangente ose štapa i pozitivnog smera  $x$  ose, a  $S$  dužina luka. Primetimo da u ovom slučaju  $q_y = -\mu \bar{y}$  gde je  $\mu$  krutost podloge.

$$\text{Geometrijske relacije: } \frac{d\bar{x}}{dS} = \cos \theta, \quad \frac{d\bar{y}}{dS} = \sin \theta. \quad (2.2)$$

$$\text{Konstitutivne jednačine: } M = EI \frac{d\theta}{dS} \quad (2.3)$$

Granični uslovi :

$$\bar{y}(0) = \bar{y}(L) = 0, \quad \theta(0) = \theta(L) = 0, \quad H(L) = -F. \quad (2.4)$$

Rešavanjem (2.1), (2.2), (2.3), (2.4) dobijamo  $H = -F$ .

Zapremina štapa je  $W = \int_0^L A(S) dS$  gde je  $A(S)$  površina poprečnog preseka. Pretpostavićemo da  $I = \alpha_n A^n$  gde je  $\alpha_n$  konstanta koja zavisi od  $n = 1, 2, 3$ . Postoje i druge mogućnosti da se iskaže veza između momenta inercije i površine poprečnog preseka. Za kružni presek  $\alpha_2 = \frac{1}{4\pi}$  a  $n = 2$ .

Uvodimo bezdimenzijske veličine :

$$t = \frac{S}{L}, \quad a = \frac{A}{L^2}, \quad \zeta = \frac{\bar{x}}{L}, \quad \eta = \frac{\bar{y}}{L}, \quad v = \frac{V}{\alpha_n E L^{2n-2}}, \quad (2.5)$$

$$w = \frac{W}{L^3}, \quad m = \frac{M}{\alpha_n E L^{2n-1}}, \quad \lambda_1 = \frac{\mu}{\alpha_n E L^{2n-4}}, \quad \lambda_2 = \frac{F}{\alpha_n E L^{2n-2}} \quad (2.5)$$

Iz jednačina (2.1) - (2.4) dobijamo

$$\dot{v} = 0, \dot{m} = -v \cos \theta - \lambda \sin \theta, \dot{\zeta} = \cos \theta, \dot{\eta} = \sin \theta, \dot{\theta} = \frac{m}{\alpha_n}. \quad (2.6)$$

$$\text{i uslove } \eta(0) = 0, \eta(1) = 0, \theta(0) = 0, \theta(1) = 0. \quad (2.6)$$

U cilju primene Pontrijaginovog principa maksimuma uvešćemo nove zavisno promenljive  $x_i, i = 1, \dots, 4$  na sledeći način:  $x_1 = \eta$ ;  $x_2 = \theta$ ;  $x_3 = v$ ;  $x_4 = m$  (2.7)

Tada sistem (2.7) i (2.6) postaje

$$\dot{x}_1 = x_2, \quad \dot{x}_2 = \frac{x_4}{a^n}, \quad \dot{x}_3 = \lambda_1 x_1, \quad \dot{x}_4 = -x_3 - \lambda_2 x_2 \quad (2.8)$$

$$x_1(0) = 0, x_1(1) = 0, x_2(0) = 0, x_2(1) = 0. \quad (2.9)$$

Izraženo jezikom Teorije optimalnog upravljanja, naš problem se može formulirati na sledeći način:

Za dato  $(\lambda_1, \lambda_2)$  naći upravljanje  $a^*(t) \in U$  tako da

$$\min_{a \in U} I = \min_{a \in U} \int_0^1 a(t) dt = \int_0^1 a^*(t) dt \quad (2.10)$$

ako je sistem podvrgnut ograničenjima (2.8) i (2.9).

Pretpostavićemo da za zadato  $(\lambda_1, \lambda_2)$  i za optimalno  $a(t) = a^*(t)$  linearni problem graničnih vrednosti (5.18), (5.19) ima dva linearno nezavisna rešenja,  $(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_4)$  i  $(\hat{x}_1, \dots, \hat{x}_4)$ . Ova dva rešenja određuju dva oblika (moda) izvijanja. Posle uvođenja bezdimenzijskih veličina i linearizacije dobijamo jednačine (2.11) i (2.12).

Formiraćemo Pontrijaginovu funkciju uzimajući u obzir da su ograničenja u vidu diferencijalnih jednačina data sa:

$$\dot{\bar{x}}_1 = \bar{x}_2, \quad \dot{\bar{x}}_2 = \frac{\bar{x}_4}{a^n}, \quad \dot{\bar{x}}_3 = 0, \quad \dot{\bar{x}}_4 = -\bar{x}_3 - \lambda_2 \bar{x}_2 \quad (2.11)$$

$$\dot{\hat{x}}_1 = \hat{x}_2, \quad \dot{\hat{x}}_2 = \frac{\hat{x}_4}{a^n}, \quad \dot{\hat{x}}_3 = 0, \quad \dot{\hat{x}}_4 = -\hat{x}_3 - \lambda_2 \hat{x}_2.$$

Jednačinama (2.1) odgovaraju granični uslovi:

$$\bar{x}_1(0) = 0; \bar{x}_1(1) = 0; \hat{x}_1(0) = 0; \hat{x}_1(1) = 0; \bar{x}_2(0) = 0; \bar{x}_2(1) = 0; \hat{x}_2(0) = 0; \hat{x}_2(1) = 0. \quad (2.12)$$

Tada imamo :

$$\mathcal{H} = a + \bar{p}_1 \bar{x}_2 + \bar{p}_2 \frac{\bar{x}_4}{a^n} + \bar{p}_3 \lambda_1 \bar{x}_1 + \bar{p}_4 (-\bar{x}_3 - \lambda_2 \bar{x}_2) +$$

$$\hat{p}_1 \hat{x}_2 + \hat{p}_2 \frac{\hat{x}_4}{a^n} + \hat{p}_3 \lambda_1 \hat{x}_1 + \hat{p}_4 (-\hat{x}_3 - \lambda_2 \hat{x}_2). \quad (2.13)$$

gde impulsi  $\bar{p}_i, \hat{p}_i, i = 1, \dots, 4$  zadovoljavaju sledeće jednačine:

$$\dot{\bar{p}}_1 = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \bar{x}_1} = -\bar{p}_3 \lambda_1, \quad \dot{\bar{p}}_2 = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \bar{x}_2} = -\bar{p}_1 + \lambda_2 \bar{p}_4$$

$$\dot{\bar{p}}_3 = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \bar{x}_3} = \bar{p}_4, \quad \dot{\bar{p}}_4 = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \bar{x}_4} = -\frac{\bar{p}_2}{a^n},$$

$$\dot{\hat{p}}_1 = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \hat{x}_1} = -\hat{p}_3 \lambda_1, \quad \dot{\hat{p}}_2 = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \hat{x}_2} = -\hat{p}_1 + \lambda_2 \hat{p}_4$$

$$\dot{\hat{p}}_3 = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \hat{x}_3} = \hat{p}_4, \quad \dot{\hat{p}}_4 = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \hat{x}_4} = -\frac{\hat{p}_2}{a^n}. \quad (2.14)$$

Uslov optimalnosti  $\min_{a \in U} \mathcal{H}$  s obzirom da nema ograničenja na  $a(t)$ , daje:

$$\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial a} = 1 - n \bar{p}_2 \frac{\bar{x}_4}{a^{n+1}} - n \hat{p}_2 \frac{\hat{x}_4}{a^{n+1}} = 0. \quad (2.15)$$

Za  $a$  dobijamo

$$a = a^* = [n(\bar{p}_2 \bar{x}_4 + \hat{p}_2 \hat{x}_4)]^{1/(n+1)} \quad (2.16)$$

Mi razmatramo tri slučaja:

1. U slučaju kad je  $a(t) \leq a_{max}$  imamo ograničenje sa gornje strane

$$a^*(t) = \begin{cases} [n(\bar{p}_2 \bar{x}_4 + \hat{p}_2 \hat{x}_4)]^{1/(n+1)}, \\ \text{ako je } [n(\bar{p}_2 \bar{x}_4 + \hat{p}_2 \hat{x}_4)]^{1/(n+1)} \leq a_{max}, \\ a_{max}, \text{ ako je } [n(\bar{p}_2 \bar{x}_4 + \hat{p}_2 \hat{x}_4)]^{1/(n+1)} \geq a_{max} \end{cases} \quad (2.17)$$

2. U slučaju kad je  $a_{min} \leq a(t) \leq a_{max}$  imamo ograničenje i sa gornje i sa donje strane:  $a^*(t) =$

$$\begin{cases} [n(\bar{p}_2 \bar{x}_4 + \hat{p}_2 \hat{x}_4)]^{1/(n+1)} \\ \text{ako je } a_{min} \leq [n(\bar{p}_2 \bar{x}_4 + \hat{p}_2 \hat{x}_4)]^{1/(n+1)} \leq a_{max}, \\ a_{max}, \text{ ako je } [n(\bar{p}_2 \bar{x}_4 + \hat{p}_2 \hat{x}_4)]^{1/(n+1)} \geq a_{max} \\ a_{min}, \text{ ako je } [n(\bar{p}_2 \bar{x}_4 + \hat{p}_2 \hat{x}_4)]^{1/(n+1)} \leq a_{min} \end{cases} \quad (2.18)$$

3. U slučaju kad je  $a(t) \geq a_{min}$  imamo ograničenje sa donje strane :

$$a^*(t) = \begin{cases} [n(\bar{p}_2 \bar{x}_4 + \hat{p}_2 \hat{x}_4)]^{1/(n+1)}, \\ \text{ako je } [n(\bar{p}_2 \bar{x}_4 + \hat{p}_2 \hat{x}_4)]^{1/(n+1)} \leq a_{min}, \\ a_{min}, \text{ ako je } [n(\bar{p}_2 \bar{x}_4 + \hat{p}_2 \hat{x}_4)]^{1/(n+1)} \geq a_{min} \end{cases} \quad (2.19)$$

Formulisaćemo zakon konzervacije (prvi integral) za sistem (2.5), (2.6) :

1. U slučaju ograničenja sa obe strane  $a_{min} \leq a(t) \leq a_{max}$  Hamiltonijan postaje:

$$\begin{aligned} \mathcal{H} = & [n((\bar{x}_4)^2 + (\hat{x}_4)^2)]^{1/(n+1)} + \bar{x}_2 \bar{x}_3 \\ & + \frac{(\bar{x}_4)^2}{[n((\bar{x}_4)^2 + (\hat{x}_4)^2)]^{n/(n+1)}} \\ & - \lambda_1 (\bar{x}_1)^2 + \bar{x}_2 (\bar{x}_3 - \lambda_2 \bar{x}_2) + \hat{x}_2 \hat{x}_3 \\ & + \frac{(\hat{x}_4)^2}{[n((\bar{x}_4)^2 + (\hat{x}_4)^2)]^{n/(n+1)}} \\ & - \lambda_1 (\hat{x}_1)^2 + \hat{x}_2 (\hat{x}_3 - \lambda_2 \hat{x}_2) = const. \end{aligned} \quad (2.20)$$

2. U slučaju ograničenja sa gornje strane  $a(t) \leq a_{max}$  Hamiltonijan postaje:

$$\begin{aligned} \mathcal{H} = & a_{max} + \bar{x}_2 \bar{x}_3 + \frac{(\bar{x}_4)^2}{(a_{max})^n} - \lambda_1 (\bar{x}_1)^2 \\ & + \bar{x}_2 (\bar{x}_3 - \lambda_2 \bar{x}_2) + \\ & \hat{x}_2 \hat{x}_3 + \frac{(\hat{x}_4)^2}{(a_{max})^n} - \lambda_1 (\hat{x}_1)^2 + \hat{x}_2 (\hat{x}_3 - \lambda_2 \hat{x}_2) = \\ & const. \end{aligned} \quad (2.21)$$

3. U slučaju ograničenja sa donje strane  $a(t) \leq a_{min}$  Hamiltonijan postaje:

$$\begin{aligned} \mathcal{H} = & a_{min} + \bar{x}_2 \bar{x}_3 + \frac{(\bar{x}_4)^2}{(a_{min})^n} - \lambda_1 (\bar{x}_1)^2 \\ & + \bar{x}_2 (\bar{x}_3 - \lambda_2 \bar{x}_2) + \hat{x}_2 \hat{x}_3 \\ & + \frac{(\hat{x}_4)^2}{(a_{min})^n} - \lambda_1 (\hat{x}_1)^2 + \hat{x}_2 (\hat{x}_3 - \lambda_2 \hat{x}_2) = const. \end{aligned} \quad (2.22)$$

		$a_{max}$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$w$
ograničenje sa gornje strane	$n = 1$	1,3	300	68,4614	1
	$n = 2$	1,3	300	70	0,98333584
	$n = 2$	1,3	300	71,7148	1
	$n = 3$	1,3	300	73,297	1

#### 4. NUMERIČKI REZULTATI

Problem određivanja optimalnog oblika pritisnutog štapa koji je uklešten na krajevima analiziran je u radovima [3],

[6] i [11] i predstavlja osnovni parametar za analizu bimodalne optimizacije. Koristili smo standardne procedure za dvotačkaste granične probleme u okviru programskog paketa Wolfram Mathematica 7.0. U narednim primerima određeni su modovi izvijanja i oblici poprečnog preseka. Analiziraćemo slučajeve kada su parametar opterećenja ( $\lambda_2$ ) i parametar podloge ( $\lambda_1$ ) različiti od nule.

Sistema jednačina koje rešavamo sa uslovima su (3.1),

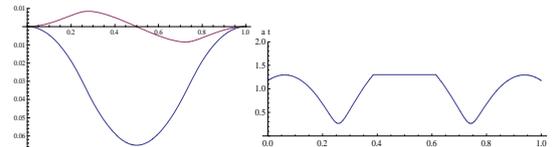
$$\begin{aligned} (3.2), (3.2): \\ \dot{\hat{x}}_1 = \bar{x}_2, \dot{\hat{x}}_2 = \frac{\bar{x}_4}{(a^*)^n}, \dot{\hat{x}}_3 = \lambda_1 \bar{x}_1, \dot{\hat{x}}_4 = -\bar{x}_3 - \lambda_2 \bar{x}_2 \\ \dot{\hat{x}}_1 = \hat{x}_2, \dot{\hat{x}}_2 = \frac{\hat{x}_4}{(a^*)^n}, \dot{\hat{x}}_3 = \lambda_1 \hat{x}_1, \dot{\hat{x}}_4 = -\hat{x}_3 - \lambda_2 \hat{x}_2. \end{aligned} \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} \bar{x}_1(0) = 0; \quad \bar{x}_1(1) = 0; \\ \bar{x}_2(0) = 0; \quad \bar{x}_2(1) = 0; \\ \hat{x}_1(0) = 0; \quad \hat{x}_1(1) = 0; \\ \hat{x}_2(0) = 0; \quad \hat{x}_2(1) = 0. \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$a^*(t) = \begin{cases} [n(\bar{p}_2 \bar{x}_4 + \hat{p}_2 \hat{x}_4)]^{1/(n+1)}, \\ \text{ako je } [n(\bar{p}_2 \bar{x}_4 + \hat{p}_2 \hat{x}_4)]^{1/(n+1)} \leq a_{min} \\ a_{min}, \text{ ako je } [n(\bar{p}_2 \bar{x}_4 + \hat{p}_2 \hat{x}_4)]^{1/(n+1)} \geq a_{min} \end{cases} \quad (3.3)$$

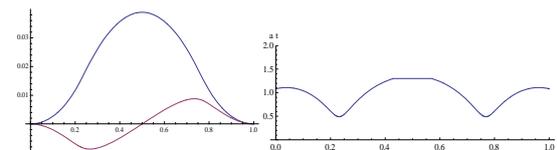
Usvojili smo ograničenje  $a_{max} = 1.3$ .

3.1.1 Slučaj kad je  $n = 1 \Rightarrow I = \alpha_1 A$ . U slučaju kada je parametar podloge  $\lambda_1 = 300$  dobijamo modove izvijanja i optimalnu površinu poprečnog preseka prikazane na Slici 3.1. Vrednosti poprečnog preseka u karakterističnim tačkama su:  $a(0) = a(1) = 1,176$ ,  $a(0,5) = 1,3$ . Minimalne vrednosti poprečnog preseka su  $a_{min} = 0,266591$  za  $t_1 = 0,258794$ ,  $t_2 = 0,741206$ .



Slika 3.1 Modovi izvijanja i optimalna površina poprečnog preseka za  $n = 1$ ,  $\lambda_1 = 300$ ,  $\lambda_2 = 68,4614$

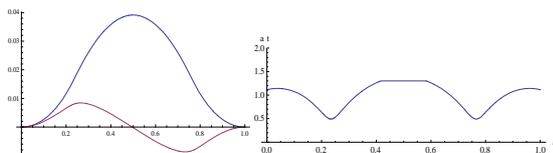
Prvo smo posmatrali slučaj kada je  $\lambda_1 = 300$ ,  $\lambda_2 = 70$ , a ograničenja  $a_{min} = 0,1$  i  $a_{max} = 1,3$  koji je rađen u radu [3] da bi proverili ispravnost naše procedure. Naša rešenja se slažu sa ranije dobijenim rezultatima. Modovi izvijanja su prikazani na Slici 3.2 kao i optimalna površina poprečnog preseka.



Slika 3.2 Modovi izvijanja i optimalna površina poprečnog preseka za  $n = 1$ ,  $\lambda_1 = 300$ ,  $\lambda_2 = 70$

U slučaju kada je parametar podloge  $\lambda_1 = 300$  dobijamo modove izvijanja prikazane na Slici 3.3 kao i optimalna površina poprečnog preseka. Vrednosti poprečnog preseka u karakterističnim tačkama su:  $a(0) = a(1) =$

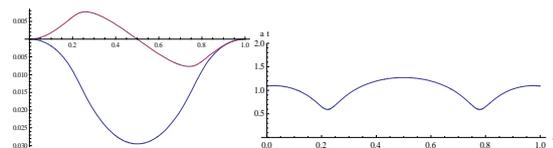
1,11474,  $a(0,5) = 1,3$ . Minimalne vrednosti poprečnog preseka su  $a_{min} = 0,492441$  za  $t_1 = 0,234453$ ,  $t_2 = 0,765546$ .



Slika 3.3 Modovi izvijanja i optimalna površina poprečnog preseka za  $n = 1$ ,  $\lambda_1 = 300$ ,  $\lambda_2 = 73,297$

Slučaj kad je  $n = 3 \Rightarrow I = \alpha_3 A^3$ . U slučaju kada je parametar podloge  $\lambda_1 = 300$  dobijamo modove izvijanja prikazane na Slici 3.4 kao i optimalnu površinu poprečnog preseka. U ovom slučaju nestaje ograničenje maksimalne površine poprečnog preseka ako uzmemo ista ograničenja kao što smo uzeli za  $n = 1$  i  $n = 2$ . Vrednosti poprečnog preseka u karakterističnim tačkama su:  $a(0) = a(1) = 1,08981$ ,  $a(0,5) = 1,27163$ .

Minimalne vrednosti poprečnog preseka su  $a_{min} = 0,593732$  za  $t_1 = 0,221822$ ,  $t_2 = 0,778178$ .



Slika 3.4 Modovi izvijanja i optimalna površina poprečnog preseka za  $n = 1$ ,  $\lambda_1 = 300$ ,  $\lambda_2 = 71,148$

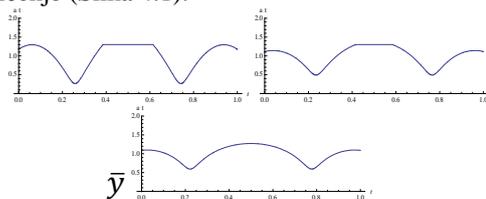
## 5. ZAKLJUČAK

U radu je analiziran optimalni oblik štapa na elastičnoj podlozi ukleštenog na krajevima. Analiza je zasnovana na pretpostavci da štap može da se izvija u dva moda za isti, optimalni oblik poprečnog preseka.

To znači da diferencijalne jednačine (2. 1) i (2.2) imaju dva linearno nezavisna rešenja za funkciju optimalnog oblika površine poprečnog preseka  $a(t) = a^*(t)$ .

Za određivanje optimalnog oblika štapa smo koristili Pontrijaginov princip maksimuma koji je korišćen u [2], [3], [10]. Pontrijaginov princip se uspešno može koristiti za multimodalnu optimizaciju. Ako je optimizacija unimodalna sistemi (3. 1) imaju linearno zavisna rešenja  $\bar{x}_i, \bar{\lambda}_i, i = 1, \dots, 4$  u suprotnom optimizacija je bimodalna. Procedura koja je ovde korišćena može se koristiti za opšte tipove optimizacionih problema. Rešavali smo četiri slučaja ograničenja za primere kada je  $n = 1, n = 2$  i  $n = 3$ . Slučaj koji smo analizirali je bio uklešten štap opterećen silom pritiska na Vinklerovoj podlozi sa ograničenjem maksimalne površine poprečnog preseka. Analizirali smo slučajeve kada je parametar podloge  $\lambda_1 = 300$  isti za sva tri slučaja  $n = 1, n = 2$  i  $n = 3$  kao i ograničenje  $a_{max} = 1,3$  i zapremina  $w = 1$ .

Parametar opterećenja se povećava povećanjem broja  $n$  dok se na kraju u slučaju kada je  $n = 3$  totalno izgubi ograničenje (Slika 4.1).



Slika 4.1. Promena poprečnog preseka u zavisnosti od  $n$  kada je  $\lambda_1 = 300$

## 6. LITERATURA

- [1] T.M.Atanacković, B.N.Novaković, Optimal shape of an elastic column on elastic foundation, European J orunal of Mechanics A Solids 25(2006) 154-165
- [2] ] T.M.Atanacković, B.N.Novaković, Optimal shape of a compressed column subjected to restriction on cross-sectional area, Struct Multicisc Optim (2011) 43:683-691
- [3] T.M.Atanacković, A. P. Seyranian(2008a) Application of Pontryagin's principle to bimodal optimization problems, Struct Multicisc Optim 37:1-2
- [4] Clausen T (1851) Über die Form architektonischer Säulen. Bull. cl. Physico-Math Acad St Pétersbourg 9: 369 – 380
- [5] Lagrange (1986) Sur la figure des colones. In:Serrer MJ-A (ed) In Ouveres de Lagrange, vol 2. Gauthier-Villars, Paris, pp 125-170.
- [6]D. Manickarajah, Y. M. Xie, G. P. Steven, Optimisation of columns and frames against buckling, Computers and Structures 75, pp. 45-54, 2000.
- [7] Olhoff N, Rasmussen SH (1977) On the single and bimodal optimum buckling loads of clamped columns. Int J Solids Struct 13:605-614
- [8] Olhoff N, Seyranian AP (2008) Bifurcation and post-buckling analysis of bimodal optimum columns. Int J Solids Struct 45:3967-3995
- [9] A. P. Seyranian, On the Lagrange Problem, Mechanics of Solids, (Mekhanika Tverdogo Tela) 19, pp. 100-111, 1984.
- [10] I. Tadjbakhsh and J. B. Keller, Strongest Columns and Isoperimetric Inequalities for Eigenvalues, Journal of Applied Mechanics (Transactions of ASME) 29, pp. 159-164, 1962.
- [11] S. P. Timoshenko, History of Strengh of Materials. McGraw-Hill, Now Jork, 1953.

### Kratka biografija:



**Sandra Grbić** rođena u Zrenjaninu 1986. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo-Tehnička mehanika i dizajn u tehnici odbranila 2013.godine.

## DIZAJN INSTRUMENTACIONOG POJAČAVAČA U CMOS TEHNOLOGIJI DESIGN OF INSTRUMENTATION AMPLIFIER IN CMOS TECHNOLOGY

Marina Aladin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

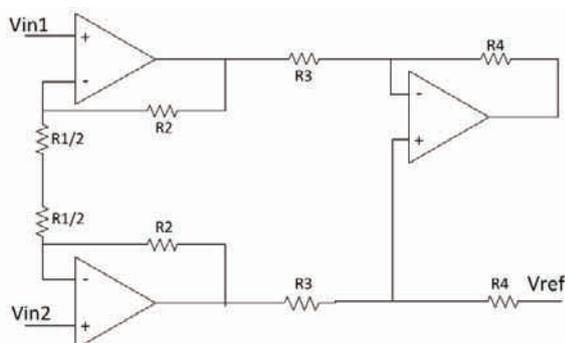
**Kratak sadržaj** – U ovom radu dizajniran je integrisani instrumentacioni pojačavač u CMOS tehnologiji Lfoundry 150nm u Cadence Virtuoso okruženju. Korišćena je tehnika projektovanja na bazi integrisanih operacionih pojačavača, a posebna pažnja se posvetila mehanizmu šuma. Izvedene su DC, AC, tranzijentna analiza i analiza šuma, čime je proverena ispravnost dizajniranog kola, kao i ispunjenje zadatih ulaznih specifikacija. Integrisano kolo je testirano u Spectre simulatoru.

**Abstract** – This work describes the design of analogue integrated instrumentation amplifier in CMOS technology Lfoundry 150nm in Cadence Virtuoso environment. Technique based on integrated operational amplifiers is used and special attention is dedicated to the noise mechanisms. DC, AC, transient and noise analysis were performed to check the validity of designed circuit and whether the input requirements are met. Tests of IC were performed in Spectre simulator.

**Ključne reči:** instrumentacioni pojačavač, operacioni pojačavač, CMOS, dizajn, LFoundry, šum

### 1. UVOD

Integrisani instrumentacioni pojačavač (IP), čija je blok šema prikazana na slici 1 predstavlja jednu od mnogobrojnih aplikacija, koju je moguće napraviti pomoću integrisanih operacionih pojačavača (OP). IP u suštini predstavlja precizni diferencijalni pojačavač i koristi se u slučajevima kada je ulazni signal diferencijalni i malog intenziteta i kada je neophodna velika ulazna impedansa pojačavača.



Slika 1. Blok šema instrumentacionog pojačavača

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Videnović-Mišić.

Za razliku od diferencijalnog pojačavača na bazi OP sa negativnom povratnom spregom IP ima u sebi mrežu otpornika koja je izolovana od priključaka na koje se dovodi ulazni signal [1]. Osobine koje izdvajaju IP od ostalih diferencijalnih pojačavača jesu:

1. Velika ulazna impedansa, koja minimizira ulaznu struju, čime se smanjuje greška pojačanja.
2. Mala struja curenja.
3. Potiskivanje srednje vrednosti ulaznog signala je znatno veće.
4. Diferencijalni ulazi su izbalansirani-simetrični.
5. Podešavanje pojačavača moguće je izmenom samo jednog otpornika ( $R_1$ ).

Formula za izračunavanje pojačanja je:

$$V_{out} = \frac{R_4}{R_3} \left( 1 + 2 \frac{R_2}{R_1} \right) (V_{in2} - V_{in1}) + V_{ref}, \quad (1)$$

gde razlika ulaznih napona ( $V_{in2} - V_{in1}$ ) predstavlja diferencijalni ulazni napon, a  $(V_{in2} + V_{in1})/2$  zajednički ulazni signal. Ovakav IP sastoji se iz operacionih pojačavača i mreže otpornika pomoću koje se realizuje željeno diferencijalno pojačanje ulaznih signala.

### 1.1 Specifikacije OP-a

Odstupanja bilo kog realnog elektronskog uređaja u odnosu na njegov idealan model konvencionalno se tretiraju kao greške. Kod uređaja koji se pravi za neku specifičnu namenu, ova odstupanja tj. neidealnosti postaju specifikacije istog. Kod OP neidealnosti mogu da se grupišu u nekoliko kategorija:

**Neidealnosti ulaznog stepena:** konačna ulazna otpornost, nenulta ulazna polarizaciona struja i postojanje naponskog i strujnog ofseta.

**Neidealnosti međustepena:** konačno naponsko pojačanje, konačna vrednost faktora potiskivanja srednje vrednosti ulaznog signala CMRR.

**Neidealnosti izlaznog stepena:** konačna izlazna otpornost, ograničen naponski opseg i ograničena izlazna struja.

**Dinamičke i ostale neidealnosti:** ograničena brzina promene izlaznog napona, konačna širina propusnog opsega, zavisnost parametara tranzistora od temperature i frekvencije, konačan faktor potiskivanja smetnji iz napajanja.

### 2. ŠUM

Kao rezultat spontanosti promena vezanih za fiziku materijala od kojih je elektronska komponenta napravljena, nastaju slučajne promene determinističkog signala komponente. Šum koji nastaje usled ovakvih slučajnih procesa je i sam slučajni proces i kao takav može da posluži kao pokazatelj nekih električnih osobina komponente. Ovaj tip šuma se naziva unutrašnji šum i on se ne može potpuno eliminisati, ali može biti umanjen

određenim tehnikama projektovanja. Smatra se da je unutrašnji šum stacionaran slučajan proces i da ga opisuje osobina ergodičnosti [2]. Prema tome za unutrašnji šum važe jednakosti:

$$\langle x(t_1) \rangle = \overline{x(t_1)}, \langle x^2(t_1) \rangle = \overline{x^2(t_1)}, \quad (2)$$

gde je sa  $\langle x(t_1) \rangle$  označena srednja vrednost signala po ansamblu u trenutku vremena  $t_1$ . Osobina ergodičnosti unutrašnjeg signala šuma omogućava korišćenje statističkih parametara, kao što su srednja vrednost signala šuma i disperzija šuma (matematičko očekivanje odstupanja slučajne promenljive) za opisivanje šuma. Jedan od parametara kojim se šum kao slučajan signal može opisati jeste spektralna gustina snage šuma (*Power Spectral Density*, PSD) koji je po definiciji je jednak:

$$S_n(t) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{2}{T} \left| \int_{-T/2}^{T/2} (x(t) - \bar{x}) \cdot e^{i2\pi f t} dt \right|^2 \quad (3)$$

Parametar PSD daje informaciju o srednjoj kvadratnoj vrednosti slučajnog signala šuma u frekvencijskom intervalu  $\Delta f$ . Kako šum tako i PSD mogu biti izraženi preko naponske i/ili strujne veličine. Veličine napona ( $e_n$ ) i struje ( $i_n$ ), koji opisuju šum su takođe slučajne promenljive i njihov polaritet, odnosno smer nije moguće unapred predvideti. Pomenute veličine predstavljaju koren srednje kvadratne vrednosti signala šuma.

U MOS tranzistorima su dominantni termički i fliker šum [3]. Termički šum spada u grupu fundamentalnih šumova koji predstavljaju fundamentalno ograničenje osetljivosti komponente pa je kao takav prisutan i u komponenti koja ima idealnu strukturu. Sa druge strane fliker šum spada u grupu ekscesnih šumova. Pojam ekscesnog šuma se u literature uglavnom vezuje za svaki šum čiji je nivo viši od termičkog šuma.

Osim unutrašnjih šumova postoje još i spoljašnji šumovi koji predstavljaju smetnje u elektronskim komponentama, izazvane uticajima iz okoline u kojoj se komponenta nalazi.

## 2.1 Termički šum

Termički šum se najčešće susreće i prouzrokovan je termičkim pobuđivanjem nosilaca naelektrisanja u provodnom materijalu. U svakom provodniku, zbog termičke interakcije (sudara) između slobodnih elektrona i vibrirajućih atoma provodnika, u uslovima termičke ravnoteže, dolazi do stalnog i haotičnog kretanja elektrona, slučajnog po pravcu, smeru i trajanju.

Svaki let elektrona između dva sudara predstavlja kratkotrajan impuls struje i suma mnogobrojnih impulsa struje obrazuje električnu struju slučajnog intenziteta i smera. Snaga termičkog šuma  $P_t$  u provodnom materijalu otpornosti  $R_n$ , je proporcionalna apsolutnoj temperaturi i propusnom opsegu merenog sistema. Jednačina snage naponskog šuma glasi:

$$P_t = k \cdot T \cdot \Delta f \quad (4)$$

Snaga termičkog šuma je jednaka u svakom hercu propusnog opsega u kojem se šum meri [5]. Koren srednje kvadratne vrednosti napona (struje) naponskog (strujnog) izvora termičkog šuma, u frekvencijskom opsegu  $\Delta f$  u zavisnosti od otpornosti  $R_n$  je:

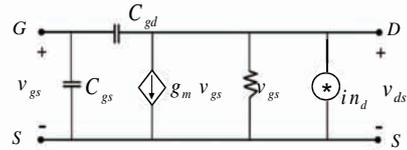
$$\overline{e_n} = \sqrt{4 \cdot k \cdot T \cdot R_n \cdot \Delta f} \quad (5)$$

$$\overline{i_n} = \sqrt{(4 \cdot k \cdot T \cdot \Delta f) / R_n} \quad (6)$$

Da bi se termički šum smanjio, otpornost komponente bi trebala da se drži na najnižem mogućem nivou i dodatne serijske otpornosti bi trebale da se izbegnu. Poželjno je takođe, da propusni opseg bude širok samo onoliko koliko je neophodno da se željeni signal propusti bez izobličenja.

U MOSFET-u postoji nekoliko mehanizama termičkog šuma: termički šum u kanalu drejna koji je dominantan, šum koji potiče od otpornosti nesavršenog polisilicijumskog gejta i *gate induced noise* koji nastaje kao posledica konačne brzine nosilaca naelektrisanja i uočljiv je tek na višim frekvencijama.

Model MOS tranzistora koji uključuje šum u kanalu prikazan je na slici 2.



Slika 2. Šum u drejn-sors kanalu MOS tranzistora

Strujni izvor  $i_{n_d}$  koji modeluje strujni šum u kanalu MOS tranzistora ima oblik:

$$i_{n_d} = 4 \cdot K \cdot T \cdot \gamma \cdot g_m, \quad (7)$$

gde parametar  $\gamma$  ima vrednost  $2/3$  u slučaju dugokanalnih tranzistora, a parametar  $g_m$  predstavlja transkonduktansu tranzistora.

## 2.2. Fliker šum

U elektronskim komponentama fliker šum je najuočljiviji kod onih komponenata koje u sebi sadrže međupovršine različitih materijala. Kako je kristalna struktura sloja koja se gradi iznad silicijuma različita od kristalne strukture silicijuma, postoji velika verovatnoća generisanja kristalografskih defekata na graničnoj površini. Ova međupovršina predstavlja zamke za nosioce naelektrisanja u kanalu MOS tranzistora. To je razlog zašto MOS tranzistori pokazuju znatno veći nivo fliker šuma od bipolarnih tranzistora.

Spektralna gustina šuma raste bez ograničenja kako frekvencija opada. Snaga niskofrekvencijskog šuma proporcionalna je karakteristici  $1/f^\alpha$ , gde je  $\alpha$  ceo broj. U nekim slučajevima  $\alpha$  može da uzima vrednosti od 0,8 do 1,3. Smatra se da je jedan od uzroka nastanka niskofrekvencijskog šuma u poluprovodničkoj komponenti samo svojstvo površine poluprovodničkog materijala.

Uprošćeni matematički model srednje kvadratne vrednosti fliker šuma MOS tranzistora, koja se može primeniti na tranzistore u režimu zasićenja je:

$$\overline{e_n^2} = \frac{K}{C_{ox} \cdot W \cdot L} \cdot \frac{1}{f} \quad (8)$$

gde su:  $K$  parametar zavisao od tehnologije izrade,  $W$  i  $L$  dimenzije gejta tranzistora i  $C_{ox}$  kapacitivnost oksida gejta. Iz prethodne formule se može primetiti da je doprinos fliker šuma obrnuto srazmeran frekvenciji i površini MOS tranzistora. Na nižim frekvencijama fliker

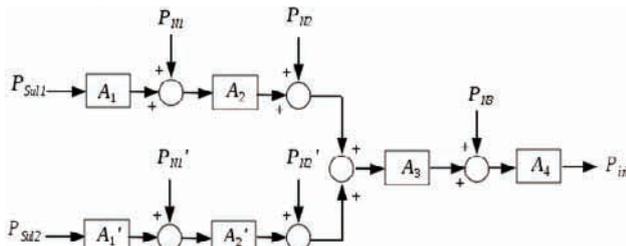
šum će biti dominantniji, dok će na višim frekvencijama termički šum imati veći uticaj.

### 2.3 Šum u kaskadnim pojačavačkim stepenima

Šum svakog sledećeg pojačavačkog stepena u kaskadnoj sprezi se manje pojačava nego prethodni [4]. Odnos snaga signala i šuma u takvoj sprezi je:

$$SNR = P_{Sul} \cdot A^2 \cdot [P_{N1} + \frac{P_{N2}}{A_2} + \dots + \frac{P_{Nn}}{A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_{n+1}^2}] \quad (9)$$

Što je pojačanje prvog pojačavačkog stepena veće odnos snaga signala i šuma je veće. IP se može posmatrati kao kaskadni pojačavač u kojem postoje dve putanje signala i šuma. Na svakoj putanji postoje ukupno 4 pojačavačka stepena odnosno dva OP-a, od kojih se svaki sastoji od po dva pojačavačka stepena. IP posmatran na ovaj način prikazan je na slici 3.



Slika 3. Putevi signala i šuma kroz pojačavačke stepene

## 3. REALIZACIJA

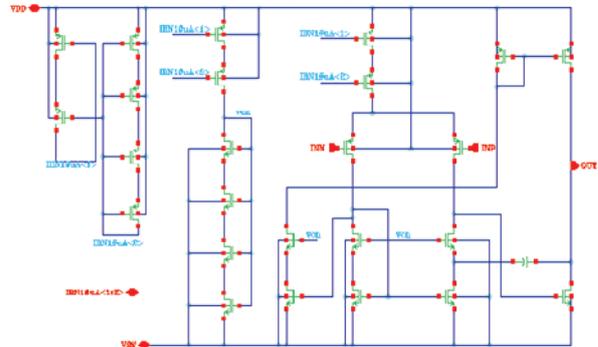
Instrumentacioni pojačavač može biti realizovan u nekoliko uopštenih koraka:

1. Na osnovu ulazne specifikacije se bira topologija OP koji će se upotrebiti u ulaznom, prvom stepenu IP-a, a zatim i topologija OP koji će se iskoristiti u drugom stepenu IP-a.
  2. Modeluju se kola povratnih sprega tako da se postigne ukupno zadato diferencijalno pojačanje signala.
  3. Tranzistori se dimenzionišu tako da rade u režimu zasićenja, vodeći računa da ukupna struja koja se troši iz napajanja zadovoljava ograničenje iz specifikacije. Drugim rečima, biraju se radne tačke tranzistora tako da OP-i povezani kao neinvertujući pojačavač i kao diferencijalni pojačavač pojačavaju ulazni signal. Pojačavači se testiraju u DC režimu.
  4. Realizovani OP-i u konfiguraciji kao neinvertujući i diferencijalni pojačavač se testiraju u naizmeničnom režimu, u okolini mirne radne tačke. Uvode se i dimenzionišu kondenzatori. Ukoliko je potrebno koriguju se i dimenzije tranzistora tako da pojačavači u svim konfiguracijama budu dovoljno brzi i stabilni.
  5. Pojačavači se povezuju kao instrumentacioni pojačavač. Još jednom se proveravaju režimi rada tranzistora, propusni opseg i pojačanje signala. Ukoliko je potrebno koriguju se dimenzije svih upotrebljenih komponenta.
  6. Posmatra se vremenski odziv instrumentacionog pojačavača. Ukoliko je zadovoljavajući odziv zadovoljavajući prelazi se na sledeći korak, a ukoliko nije vraća se na korak 3.
  7. Testira se šum. Ukoliko je rezultat nezadovoljavajući opet se koriguju dimenzije komponenta i ponavljaju se koraci od 3 na dalje.
- Ukoliko korekcijom dimenzija komponenta nije moguće ispuniti ulazne specifikacije, treba razmisliti o drugačijim

topologijama operacionih pojačavača i ponoviti sve korake.

### 3.1 Realizacija OP-a

Realizovana je dvostepena topologija OP-a i prikazana je na slici 4.

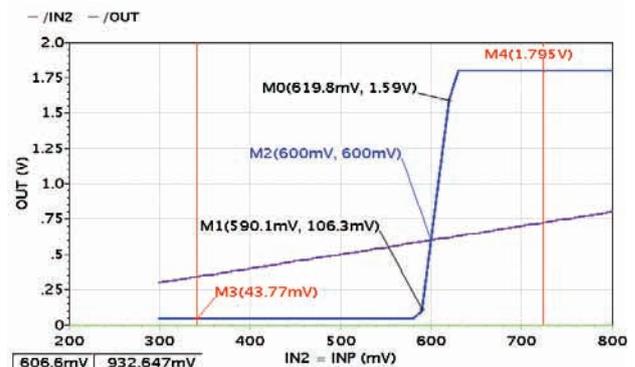


Slika 4. Topologija operacionog pojačavača

Prvi stepen predstavlja diferencijalni strujni pojačavač koji ima kaskadno strujno ogledalo u kolu drejna. Ovaj stepen je napajan preko kaskadnog strujnog izvora, gde je struja dobijena preslikavanjem stuje polarizacije preko pmos strujnog ogledala. Struja polarizacije je obezbeđena preko idealnog strujnog generatora i potrebna su ukupno dva takva generatora za jedan OP. Drugi stepen predstavlja oblik pojačavača snage. Osim navedenog bilo je neophodno realizovati četiri polarizacioniona napona, kako bi pojačavač ispravno radio. Ovakva topologija je iskorišćena za dizajn sva tri OP-a.

### 3.2 DC režim rada

Prenosna karakteristika IP-a u DC režimu rada je prikazana na slici 5. Ulazni signali su:  $V_{in1} = 500 \text{ mV}$ ,  $300 \text{ mV} < V_{in2} < 800 \text{ mV}$ .  $V_{ref} = 600 \text{ mV}$  sa slike 1 predstavlja referentni nivo izlaznog signala. Tačkama  $M_0$  i  $M_1$  su označene granice ulaznog i izlaznog napona unutar kojih tranzistori u izlaznom stepenu OP-a rade u režimu zasićenja. Tačkama  $M_3$  i  $M_4$  su označeni maksimalni i minimalni ostvarivi napon na izlazu IP-a.

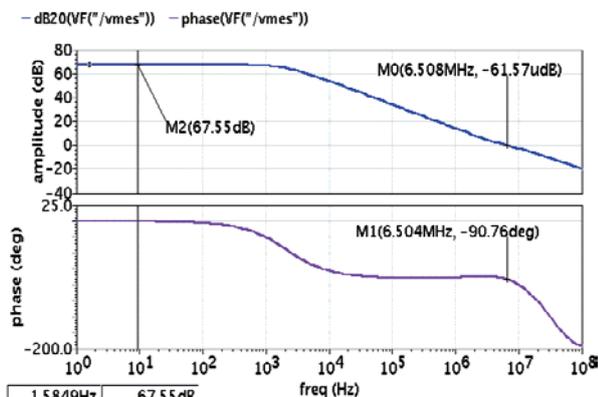


Slika 5. Prenosna karakteristika IP-a

### 3.3 AC režim rada

Na slici 6. je prikazana amplitudska i fazna karakteristika neinvertujućeg pojačavača koji je upotrebljen u prvom stepenu IP-a. Odabrani odnos otpornika u povratnoj sprezi ovakvog pojačavača  $R'_2$  i  $R'_1$  zadovoljava jednakost  $1 + 2 \cdot R_2/R_1 = 25$ , u izrazu (1) gde su  $R_2 = R'_2$  i  $2R_1 =$

$R'_1$ , pa je  $1 + R'_2/R'_1 = 25$ . S obzirom da je odabrano da pojačanje prvog stepena bude 25, odnos otpornika u diferencijanom pojačavaču biće 2. Tačka *vmes* predstavlja tačku u kojoj je prekinuta povratna sprega i dobijeno pojačanje predstavlja kružno pojačanje [4]. Pojačanje OP-a bez povratne sprege je približno:  $67.55 \text{ dB} + 20\log(25) = 95.5 \text{ dB}$ .

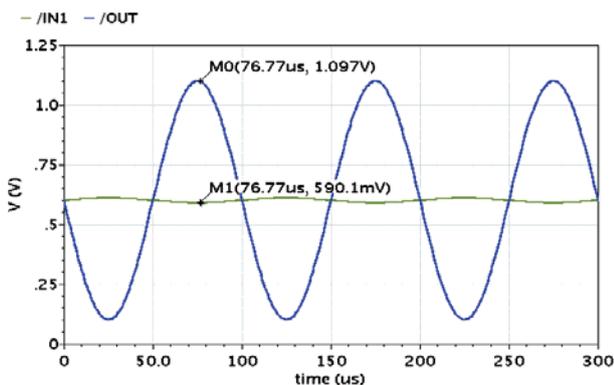


Slika 6. Amplitudska i fazna karakteristika neinvertujućeg pojačavača

U cilju kompenzacije OP-a je primenjena modifikovana Milerova kompenzacija [6]. Još jedan kondenzator je dodat paralelno sa otpornikom u povratnoj sprezi radi postizanja bolje stabilnosti i u cilju filtriranja šuma.

### 3.4 Tranzijentna analiza

Tranzijentnom analizom se utvrđuje da li dizajnirano kolo zaista vrši zadatu funkciju. Vremenski odziv IP-a na pobudni signal oblika  $V_{\sin} = 10 \text{ mV} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f)$ , gde je  $f = 10 \text{ kHz}$  prikazan je na slici 7. Signal na izlazu prati ulazni signal i pojačan je 50 puta.



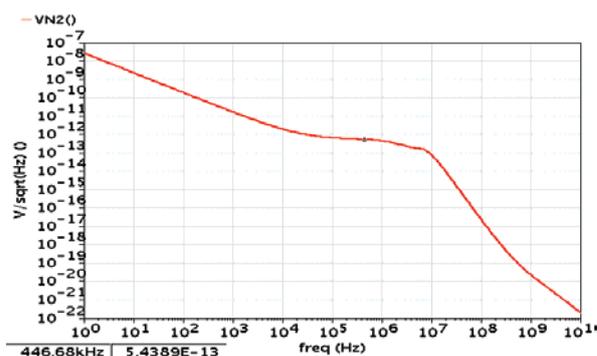
Slika 7. Vremenski odziv IP-a

### 3.5 Analiza šuma

Spektralna gustina naponskog šuma prikazana je na slici 8. U opsegu od oko 2 MHz do oko 10 MHz karakteristika ne opada značajano. U ovom opsegu šumu najviše doprinose ulazni tranzistori OP-a u prvom stepenu IP-a kao i otpornici u njihovoj povratnoj sprezi, što je prikazano na slici 9.

Doprinosi šuma izraženi su u procentima. Preovlađujući šum čini strujni šum u kanalu drejna, u kojem je dominantan efekat termičkog šuma.

U opsegu frekvencija do 2 MHz (na nižim frekvencijama) dominira fliker šum, dok u opsegu od 10 MHz (na višim frekvencijama) dominira termički šum.



Slika 8. Spektralna gustina naponskog šuma

/OP_diff/M1	id	0.000398322	11.58
/OP_up/M1	id	0.00039546	11.41
/OP_down/M1	id	0.000392982	11.27
/OP_diff/M2	id	0.000366438	9.80
FE_first_stage_down.R1.rnpoly_lt.rBulk	thermal_noise	0.000310694	7.05
FE_first_stage_up.R1.rnpoly_lt.rBulk	thermal_noise	0.000310694	7.05
/OP_down/M2	id	0.000295038	6.35
/OP_up/M2	id	0.00029474	6.34

Slika 9. Doprinosi šuma u opsegu od 2 MHz do 10 MHz

## 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu realizovan je CMOS integrisani Instrumentacioni pojačavač uz pomoć alata kompanije Cadence. Testiranjem je utvrđena funkcionalnost realizovanog kola i posebna pažnja se posvetila analizi šuma kao i uticaju dizajna na ukupan šum u kolu.

Kao mogućnost daljeg razvoja predlaže se implementacija drugačijeg operacionog pojačavača drugog stepena IP-a koji bi bio bolje optimizovan sa stanovišta šuma, za ovu aplikaciju.

## 5. LITERATURA

- [1] Charles Kitchin and Lew Counts, *A Designer's Guide to Instrumentation Amplifier 3<sup>rd</sup> Edition*, Analog Devices, New York 2006
- [2] Rieko Sasaki, *Mathematical Methods Chapter 1*, Stanford University Course: EEAP 248, Fall 2009 <http://www.stanford.edu/~rsasaki/EEAP248/chapter1.pdf>
- [3] Adel S. Sedra and Kenneth C. Smith, *Microelectronic Circuits 5<sup>th</sup> Edition*, Oxford University Press, New York 2004
- [4] Phillip E. Allen, Douglas R. Holberg, *CMOS Analog Circuit Design*, Oxford University Press, New York
- [5] Mirjana Videnović-Mišić, *Modelovanje i simulacije elektronskih komponenti*, FTN, Novi Sad 2012
- [6] Behzad Razavi, *Design of Analog CMOS Integrated Circuits*, McGraw-Hill, New York 2001

### Kratka biografija:



**Marina Aladin** rođena je u Somboru 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Instrumentacioni pojačavač u CMOS tehnologiji, odbranila je 2013. god.

**ANALIZA ENERGETSKIH RESURSA SAVREMENIH MOBILNIH TELEFONA****ANALYSIS OF ENERGY RESOURCES OF MODERN CELL PHONES**Đorđe Damnjanović, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad ispituje potrošnju električne energije u mobilnim telefonima. Počinje od razvoja mobilnih telefona, opisuje baterije u mobilnim uređajima, zatim obrađuje karakteristiku Li-Ion baterije, DC-DC pretvarače u mobilnim uređajima. Prikazuje karakteristike mobilnih telefona korišćenih za ovo istraživanje, način njihovog testiranja i rezultate.

**Abstract** – The paper describes energy consumption in mobile phone. It starts with evolution of cell phones, describes their battery, then reviews typical Li-Ion battery discharge characteristics and DC-DC converters. After that, characteristics of cell phones are given together with applied testing method and obtained results.

**Ključne reči:** Potrošnja električne energije, baterije mobilnih uređaja

**1. UVOD**

Razvoj mobilnih telefona i njihova multifunkcionalnost zahteva istraživanje o potrošnji energije, zbog toga što kapacitet baterije mobilnih telefona ne uspeva da isprati razvoj istih. Iz tog razloga neophodno je voditi računa o pojedinačnoj potrošnji određenih podsistema u mobilnim telefonima kako bi se produžio njen životni vek. Neophodno je ispitati koji su najveći potrošači energije u mobilnim uređajima i naći način za smanjenje potrošnje u situacijama kada nije neophodna kompletna funkcionalnost. U ovom istraživanju se vrši poređenje energetske potrošnje određenih segmenata mobilnog telefona.

**2. RAZVOJ MOBILNIH TELEFONA**

Prvi mobilni telefon za koji nije bio potreban poseban ranac bio je Motorolin DynaTac iz 1973. godine. Zahtevao je deset sati punjenja, a omogućavao samo 30 minuta razgovora. Prvi pravi predak pametnih telefona IBM Simon napravljen je 1992. godine. Imao je kalkulator, kalendar i podsetnik i omogućavao slanje i primanje mejlova. Ta 1992. godina je značajna za razvoj mobilnih telefona pošto je te godine počela da se koristi digitalna 2G mreža koja je zamenila analognu 1G mrežu i omogućila slanje SMS poruka koje su i danas aktuelne. Prvi telefon koji je koristio operativni sistem R380 smartphone predstavio je Ericsson 2000. godine. U pitanju je bio Symbian. Telefoni su bili sve bolji i brži u primanju i obradi informacija, pa je već 2001. godine

počelo testiranje 3G mreže. Na slici 1 prikazan je izgled mobilnih telefona kroz istoriju.



Slika 1. Evolucija mobilnih telefona

**3. UPOZNAVANJE SA POTROŠNOM ENERGIJE U MOBILNIM TELEFONIMA**

Korisnici mobilnih telefona su sve zahtevniji i traže nove usluge tako da su neophodna svakodnevna istraživanja kako bi se poboljšale performanse mobilnih uređaja. Mobilni telefoni su prolazili kroz evoluciju u prethodne dve decenije, počev od jednostavnih uređaja koji su omogućavali samo govorne usluge do pametnih telefona koji nude čitav spektar usluga kao što su mobilni internet, GPS, multimedijски servisi i mnoge druge [1].

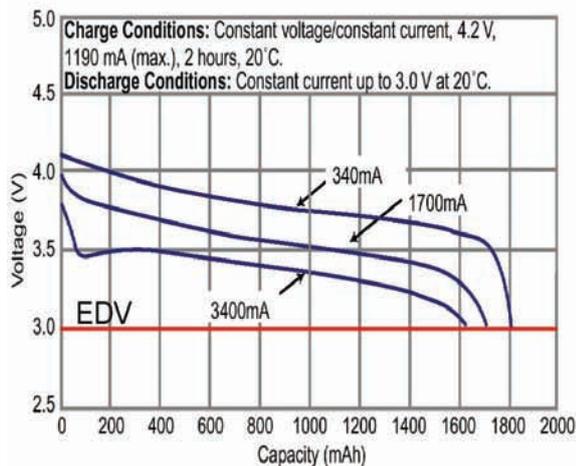
**3.1. Baterije u mobilnim uređajima**

Pun stepen slobode u mobilnim uređajima zavisi od energije koju pruža baterija. Kapacitet baterije je ograničen i ne prati brzinu razvoja funkcionalnosti mobilnih telefona. Mobilni uređaji sadrže određene hardverske komponente (npr. ekran, procesor) koje zahtevaju različite veličine napona i struje napajanja, a dobijaju ga od baterije. Baterije moraju da budu jake i da omoguće veliki stepen slobode za korisnike kako bi oni mogli da koriste sve karakteristike mobilnih uređaja u što dužem vremenskom periodu. Litijum-jonska baterija ima široku primenu zbog svoje visoke energetske gustine i može da ponudi mnogo veću energiju od drugih tipova baterija. Baterije su neophodne mobilnim uređajima kao izvor napajanja kada AC adapter nije dostupan. Baterija ima bitnu ulogu u stabilnosti sistema. U ovom trenutku inženjeri ne mogu dovoljno da povećaju kapacitet baterije hemijskim reakcijama već moraju da povećaju veličinu baterije kako bi povećali njenu energetske efikasnost. Međutim, problem je što to ne odgovara evoluciji mobilnih telefona koji imaju tendenciju da se smanji prostor koji se izdvaja za bateriju u cilju dodavanja dodatnih komponenti i novih tehnologija. Danas su energija i snaga baterije ograničeni. Ograničenju energije

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor bio prof. dr Vladimir Katić.

ima direktan uticaj na vreme za koje je mobilni uređaj operativan, dok se ograničenje snage odnosi na zagrevanje mobilnih uređaja. Bitnu ulogu imaju energetska ograničenja, pošto proizvođači imaju interes da se poveća operativno vreme rada mobilnih uređaja. Veličina baterije određuje dizajn mobilnog uređaja tako da strategija uštede energije postaje sve važnija. Prekomerna potrošnja električne energije i nemogućnost značajnog unapređenja kapaciteta baterije prilično ograničava evoluciju pametnih telefona u odnosu na povećanje kompleksnosti novim hardverom. U suštini baterije mogu da skladište fiksni iznos energije tako da je operativno vreme za koje korisnik može da koristi svoj telefon ograničeno na jedan ciklus punjenja. Operativno vreme je jedan od najvažnijih faktora za potrošače kada kupuju novi telefon. Baterije mogu biti nikl-metal-hidridne (NiMH), litijum-polimerske (Li-Poly), litijum-jonske (Li-Ion) i srebro-cink. Slika 2 pokazuje karakteristiku potrošnje litijum-jonske baterije pri različitim opterećenjima. Tokom pražnjenja napon na litijum-jonskoj bateriji pada od 4,2 V (napunjena) na 3 V (prazna). Baterija se brže prazni ako je struja pražnjenja veća zbog efekta unutrašnje impedanse [1].



Slika 2. Karakteristika pražnjenja litijum-jonske baterije

### 3.2 DC-DC pretvarači u mobilnim uređajima

Tipičan prenosni sistem sadrži procesor, ekran, memoriju, ulazno-izlazne jedinice, a svaki od ovih delova zahteva drugačiji napon napajanja. Ovi naponi su dobijeni iz baterije i DC/DC pretvarača. Postoji više vrsta primenjenih DC/DC pretvarača: Buck, Boost, Buck-Boost, Flyback, Charge pump, LDO

Prekidački DC/DC pretvarači su efikasniji od LDO i charge pump pretvarača, ali su i znatno komplikovaniji i skuplji. Dizajniranje visoko efikasnog DC/DC pretvarača za mobilne uređaje je izazov zbog posebnih zahteva sistema [1].

## 4. POTROŠNJA ENERGIJE

Da bi se izračunala potrošnja bilo koje elektronske komponente, neophodno je poznavati kako struju tako i napon posmatrane komponente. Da bi se izmerila struja, stavlja se merni otpornik na napojne žice posmatrane komponente, što je relativno jednostavno s obzirom da na većini komponenti od interesa već postoje fabrički definisana mesta u te svrhe. Gde to nije slučaj može se iskoristiti i prigušnica. U oba slučaja postavlja se merni

otpornik tako izabran da maksimalni pad napona na njemu bude manji od 10 mV, što predstavlja manje od 1 % napona napajanja, te se može tolerisati. Uz poznatu otpornost, izmerenog pada napona, struja se izračunava na osnovu Omovog zakona. Za merenje napona koristi se akviziciona kartica PCI-6229 National Instruments, na koju su pomoću upredenih parica vezani merni otpornici. Potrošnja sledećih komponenti merena je direktno: CPU, RAM, GSM, GPS, blutut, LCD panel, LCD pozadinsko osvetljenje, bežični LAN, audio kodek, audio pojačavač, NAND fleš memorija, SD kartica. S obzirom na broj napojnih vodova potrošnja grafičkog čipa je merena posredno. Ukupna potrošnja testiranih telefona je merena umetanjem mernog otpornika između baterije i samog telefona. Merenje potrošnje pozadinskog osvetljenja je zahtevalo posebnu pažnju s obzirom da je bilo u rasponu od 10-15V, daleko iznad vrednosti koju podržava akviziciona kartica (5V). Korišćeno je eksterno kolo za skaliranje napona koje se sastojalo od jediničnog pojačavača i naponskog delitelja [2,3,4].

### 4.1 Karakteristike korišćenih telefona

U istraživanju su korišćeni Neo Freerunner, HTC Dream (G1) i Google Nexus One (N1) pametni telefoni. Karakteristike i izgled Neo freerunner mobilnog telefona prikazane su u Tabeli 1 i na slici 3.

Tabela 1. Karakteristike Neo Freerunner telefona

Component	Specification
SoC	Samsung S3C2442
CPU	ARM 920T @ 400 MHz
RAM	128 MiB SDRAM
Flash	256 MiB NAND
Cellular radio	TI Calypso GSM+GPRS
GPS	u-blox ANTARIS 4
Graphics	Smedia Glamo 3362
LCD	Topploy 480 × 640
SD Card	SanDisk 2 GB
Bluetooth	Delta DFBM-CS320
WiFi	Accton 3236AQ
Audio codec	Wolfson WM8753
Audio amplifier	National Semiconductor LM4853
Power controller	NXP PCF50633
Battery	1200 mAh, 3.7 V Li-Ion



Slika 3. Neo Freerunner

Na slici 4 prikazan je izgled HTC Dream (G1), a na slici 5 Google Nexus One (N1). Njihove osnovne karakteristike prikazane su u Tabeli 2. U Tabeli 3 prikazan je kapacitet njihovih baterija.



Slika 4. HTC Dream (G1)



Slika 5. Google Nexus One (N1)

Tabela 2. Osnovne karakteristike N1 i G1

	G1	N1
SoC	Qualcomm MSM7201	Qualcomm QSD 8250
CPU	ARM 11 @ 528 MHz	ARMv7 @ 1 GHz
RAM	192 MiB	512 MiB
Display	3.2" TFT, 320x480	3.7" OLED, 480x800
Radio	UMTS+HSPA	UMTS+HSPA
OS	Android 1.6	Android 2.1
Kernel	Linux 2.6.29	Linux 2.6.29

Tabela 3. Energija baterija

	Freerunner	G1	N1
Energija baterije (kJ)	16	15,3	18,65

## 5. REZULTATI POTROŠNJE SNAGE I ENERGIJE

Tabela 4 pokazuje ukupnu potrošnju snage sistema za Freerunner, HTC Dream (G1) i Google Nexus One (N1) za izabrane testove. Potrošnja snage pozadinskog osvetljenja (OLED za N1) u velikoj meri zavisi od podešavanja korisnika. Tabela 5 prikazuje dodatnu potrošnju snage OLED ekrana za minimalne i maksimalne nivo osvetljenosti.

### 5.1 Model energije

Energija se može izračunati za svaki podsistem posebno i u funkciji je vremena:

$$E_{\text{audio}}(t) = P_m \times t \quad (1)$$

$$E_{\text{video}}(t) = (P_m + P_{\text{BL}}) \times t \quad (2)$$

$$E_{\text{sms}}(t) = (P_m + P_{\text{BL}}) \times t \quad (3)$$

$$E_{\text{call}}(t) = P_m \times t \quad (4)$$

$$E_{\text{web}}(t) = (P_m + P_{\text{BL}}) \times t \quad (5)$$

$$E_{\text{email}}(t) = (P_m + P_{\text{BL}}) \times t \quad (6)$$

Tabela 4. Freerunner, G1 i N1 potrošnja snage (isključeno pozadinsko osvetljenje) pri različitim testovima

Benchmark	Average System Power (mW)		
	Freerunner	G1	N1
Suspend	103.2	26.6	24.9
Idle	333.7	161.2	333.9
Phone call	1135.4	822.4	746.8
Email (cell)	690.7	599.4	-
Email (WiFi)	505.6	349.2	-
Web (cell)	500.0	430.4	538.0
Web (WiFi)	430.4	270.6	412.2
Network (cell)	929.7	1016.4	825.9
Network (WiFi)	1053.7	1355.8	884.1
Video	558.8	568.3	526.3
Audio	419.0	459.7	322.4

Tabela 5. Potrošnja snage N1 pri maksimalnom i minimalnom osvetljenju

Benchmark	OLED Power (mW)	
	Min.	Max.
Idle	38.0	257.3
Phone call	16.7	112.9
Web	164.2	1111.7
Video	15.1	102.0

Jednačine daju energiju izraženu u Džulima ako je vreme izraženo u sekundama.

$P_m$  (W) - merena snaga

$P_{\text{BL}}$  (W) - snaga pozadinskog osvetljenja i ako ne figuriše u jednačini znači da je isključeno.

### 5.2 Analiza rezultata

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da mobilni telefon novije generacije HTC Google Nexus One (N1) prednjači u odnosu na malo starije telefone pri nekoj standardnoj upotrebi. Pošto G1 i N1 telefoni tokom poziva suspenduju sve ostale funkcije UMTS modula, sa njima je moguće ostvariti značajno duže vreme razgovora u odnosu na Freerunner mobilni telefon. N1 je u prednosti u odnosu na G1 zbog značajno većeg kapaciteta baterije.

3G uvek treba isključiti kada ne surfujemo internetom ili ne skidamo podatke ako želimo da produžimo životni vek baterije. Audio reprodukcija troši jako malo energije, samim tim u tom slučaju najvažniju ulogu ima kapacitet baterije, tako da je G1 u ubedljivoj prednosti.

Kod video reprodukcije kapacitet baterije ponovo dolazi do izražaja pošto je potrošnja energije testiranih telefona približna. Preuzimanje podataka je najduže moguće ostvariti sa G1 mobilnim telefonom. Ovde dolaze do izražaja jači telefoni novije generacije koji imaju snažniji procesor i brži interfejs. Prethodna merenja pokazuju da najveći deo energije u pametnim telefonima troši GSM modul i ekran, uključujući LCD i ekran osjetljiv na dodir, osvetljenje i grafički čip. U svim merenjima osim GSM

merjenja najveći uticaj na potrošnju energije ima nivo jačine pozadinskog osvetljenja ekrana. Prethodni rezultati pokazuju da se smanjenjem nivoa pozadinskog osvetljenja može sačuvati mnogo energije i motivišu korisnike za odabir adekvatnog slabijeg osvetljenja. N1 OLED rezultati pokazuju da se izborom osvetljenja u tamnim bojama može značajno smanjiti potrošnja energije. GSM podsistem troši veliku statičku i dinamičku snagu. Samo održavanje veze sa mrežom čini značajan deo od ukupne potrošnje. Tokom telefonskog razgovora, GSM modul troši više od 800 mW u odnosu na prosečnu potrošnju, što predstavlja najveću pojedinačnu potrošnju. Na ovu okolnost se ne može uticati ni softverskim putem, jer telekomunikaciona mreža mora da bude na raspolaganju u svakom trenutku. Zatamljivanje pozadinskog osvetljenja tokom poziva, na kom principu radi Android, štedi do 40 % energije čak i pri velikoj potrošnji GSM modula. Statički doprinos potrošnji energije sistema je značajan. U svim merenjima osim GSM telefonskog poziva, statička potrošnja ja najmanje 50 % ukupne potrošnje. Ako je uključeno pozadinsko osvetljenje ova cifra raste značajno.

Najmanje energije troše RAM, audio i fleš podsistemi iako maksimalna potrošnja SD kartice može biti značajna (50 mW). U praksi je njeno korišćenje dovoljno malo tako da u proseku troši zanemarljivo malo energije. Čak i kod video reprodukcije, koja se dosta često koristi potrošnja energije SD kartice je manja od 1 % ukupne potrošnje.

RAM memorija ima slične karakteristike. Merenja su pokazala da potrošnja RAM memorije može biti veća od potrošnje procesora pri određenim zadacima. U praksi potrošnja procesora je veća od potrošnje RAM memorije. Audio podsistem troši uglavnom statičku snagu od 28-34 mW. RAM memorija, audio podsistem i SD kartica imaju malo uticaja na potrošnju, a samim tim nude i mali potencijal za energetske optimizacije.

Kao posledica ovakve raspodele energetske potrošnje, mogućnosti rada u minutima ispitivanih modela su prikazane u Tabeli 6. Vidi se značajna prednost modela G1 u režimu mirovanja, ali i modela N1 u audio reprodukciji.

### 5.3 Ograničenja

U rezultatima za druge mobilne telefone se vidi da brzina prenosa podataka ne utiče presudno na potrošnju energije. Razlika sa modernim procesorima može se u najvećoj meri primetiti u stanju mirovanja, a u drugim slučajevima starost procesora ne predstavlja bitno ograničenje. Moguće je izvršiti optimizaciju potrošnje pozadinskog osvetljenja ekrana smanjenjem nivoa osvetljenja.

## 6. ZAKLJUČAK

Promenom tipa mrežne konekcije, sa 3G na 2G, pri govornim pozivima, slanju SMS poruka, pa i pri preuzimanju podataka, može se uštedeti i do 50 % energije. Od 2000 god. kapacitet baterije se udvostručio, a procesorska brzina je 12 puta veća. Do 2015. godine AMOLED tanki ekrani osjetljivi na dodir kojima nije potrebno pozadinsko osvetljenje, koristiće se u više od 50 % pametnih telefona i omogućiće veliku uštedu energije baterije. U budućnosti treba očekivati dalje povećanje kapaciteta baterija mobilnih telefona, a da se pritom ne povećavaju njihove dimenzije.

Tabela 6. Uporedni prikaz max životnog veka baterije Freerunner, HTC Dream (G1) i Google Nexus One (N1)

	Freerunner (min)	G1 (min)	N1 (min)
Poziv	235	310	415
Video reprodukcija	418	332	590
Audio reprodukcija	636	555	964
Web pretraživanje (GPRS)	524	404	443
Web pretraživanje (WiFi)	608	542	539
Preuzimanje podataka (GPRS)	264	209	313
Preuzimanje podataka (WiFi)	235	166	295
Režim mirovanja	799	1581	931

## 7. LITERATURA

- [1] L. Zhao, J. Qian, „DC-DC Power Conversions and System Design Considerations for Battery Operated System”, Texas Instruments, 2009
- [2] A. Carroll, G. Heiser, „An Analysis of Power Consumption in a Smartphone”, NICTA and University of New South Wales, 2010
- [3] G.P. Perrucci, J. Widmer, „Survey on Energy Consumption Entities on the Smartphone Platform”, Nokia Research Center, F.H.P Fitzek Aalborg University and Institute IMDEA Networks, 2009
- [4] Eric De Thae, Nils Franssens, Stijn Helsen, „Smartphone power consumption”, Karel de Grote University College, Antwerp, Belgium

### Kratka biografija:



**Đorđe Damnjanović** rođen je u Smederevu 1984. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je januara 2013.godine.



**Vladimir A. Katić** rođen je u Novom Sadu 1954. god. Diplomirao je na FTN u Novom Sadu 1978., a doktorirao na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu 1991. god. Od 2002. god. je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Oblasti interesovanja su Energetska elektronika, Obnovljivi izvori električne energije i Kvalitet električne energije.

**KLASIFIKACIJA EMG SIGNALA PRIMENOM NEURONSKIH MREŽA  
CLASSIFICATION OF EMG SIGNALS USING NEURAL NETWORKS**Nemanja Anđić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U okviru ovog rada prikazana je klasifikacija hoda zdrave i dece obolele od cerebralne paralize (CP) analizirajući samo elektromiografske (EMG) signale četiri mišića donjeg ekstremiteta. Klasifikacija hoda vršena je korišćenjem neuronskih mreža u kombinaciji sa Principal Component Analysis (PCA) algoritmom za redukciju dimenzionalnosti.

**Abstract** – This paper presents a classification of gait in healthy and children with cerebral palsy (CP) by analyzing the electromyography (EMG) signals of the four muscles of the lower extremities. Gait classification was performed using neural networks with Principal Component Analysis (PCA) algorithm for dimensionality reduction.

**Ključne reči:** elektromiografija (EMG), force sensing resistor (FSR), analiza hoda, klasifikacija, neuronske mreže, principal component analysis (PCA)

**1. UVOD**

Cilj ovog rada je da se utvrdi da li je moguće i sa kojom tačnošću izvršiti klasifikaciju EMG signala snimljenih tokom hoda zdrave i dece obolele od cerebralne paralize (CP) primenom neuronskih mreža (Artificial Neural Network, ANN)[1].

Cerebralna paraliza (CP) je stanje koje nastaje kao posledica veoma ranog, neprogresivnog oštećenja mozga koje može dovesti do velikog broja različitih smetnji, kao što su poremećaji položaja i stavova tela i poremećaji pokreta ili motornih funkcija koje se ispoljavaju u obliku paralize, slabosti, nekoordinacije ili nekog drugog poremećaja motorne funkcije i zahvataju razne delove tela.

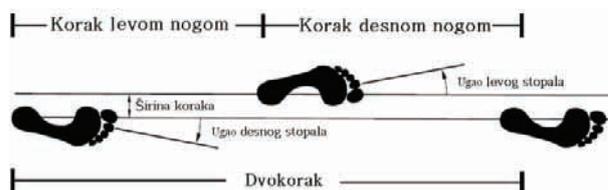
Jedna od osnovnih čovekovih aktivnosti, hod, predstavlja niz ravnomernih i naizmeničnih pokreta udova i trupa sa ciljem premeštanja sa jednog mesta na drugo, u prostoru. Analiza ljudskog hoda bitna je, kako u proceni kvaliteta hoda, tako i u dijagnostici različitih poremećaja koji nastaju kao posledica povreda senzorno-motornog sistema i za upravljanje asistivnim sistemima u rehabilitaciji. Prilikom analize hoda obično se prati kretanje tela u prostoru (kinematika), snaga uključena u proizvodnju pokreta (dinamika) i elektromiografija (EMG) [2].

Ljudski hod je bipedalan (dvostopni) i plantigradan (oslonac peta-prsti) i predstavlja jedinstven tip hoda kod sisara omogućujući povećanu stabilnost i manji utrošak energije.

**NAPOMENA:**

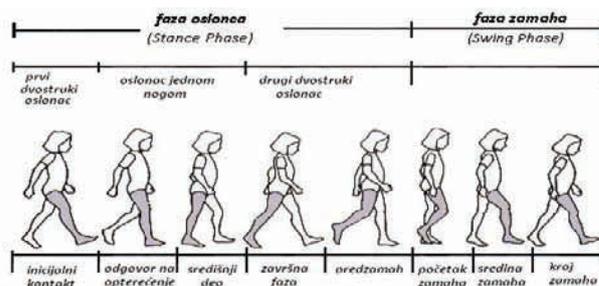
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nikola Jorgovanović, red.prof.**

Ciklus hoda (*gait cycle*) se definiše kao period koji počinje inicijalnim kontaktom stopala sa podlogom i traje do trenutka kada se kontakt ponovi istim stopalom – “dvokorak” (Slika 1) [3]. Pri hodu, jedna noga predstavlja oslonac, dok se druga pomera unapred, zatim im se uloga menja.



Slika 1 - Ciklus hoda – “dvokorak”

Ciklus hoda (*gait cycle*) delimo na dve osnovne faze – oslonac (*Stance*) i zamah (*Swing*). Faza oslonca (*Stance*) počinje kontaktom petom (*Initial Contact*) i nastavlja se kroz podfaze: odgovor na opterećenje (*Loading Response*), ravno stopalo (*Mid Stance*), kraj faze oslonca (*Terminal Stance*) i faze predzamaha (*Preswing*). Odvajanjem prstiju od podloge počinje faza zamaha (*Swing phase*) koja uključuje podfaze početak zamaha (*Initial Swing*), međuzamah (*Mid Swing*) i kraj zamaha (*Terminal Swing*). Zdrave osobe petom započinju kontakt s podlogom, dok osobe obolele od CP, kontakt najčešće ostvaruju prstima i metatarzalnim kostima (Slika 2).



Slika 2 - Podfaze ciklusa hoda

Elektromiografija (EMG) je elektro-dijagnostička metoda koja se bavi proučavanjem snimljenih električnih aktivnosti skeletnih mišića. Snimanje se vrši pomoću instrumenta koji se zove elektromiograf, a snimci nastali korišćenjem elektromiografa zovu se elektromiogrami [4]. Površinska elektromiografija (*surface EMG, sEMG*) je neinvazivna tehnika merenja električne aktivnosti mišića površinskim elektrodama. Posebno je pogodna pri radu sa decom sa CP, jer nije bolna, a analiza sEMG signala može dati korisne informacije o nepravilnostima u aktivaciji i radu mišića, na osnovu čega se mogu izabrati najbolje metode terapije i rehabilitacije.

Trenutak kontakta stopala sa podlogom je jasno definisan događaj te je zbog toga ta aktivnost odabrana kao početak ciklusa. EMG snimanja pri hodu pokazuju aktivnosti pojedinih mišića prilikom ciklusa hoda, tj. redosled, međusobnu povezanost, intenzitet i trajanje aktivnosti pojedinih mišića prilikom hoda.

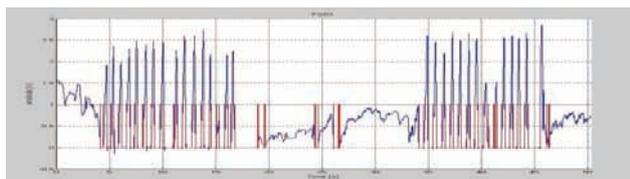
Za izdvajanje koraka korišćeni su signali sa jednog *Force Sensing Resistor* (FSR) senzora. FSR je vrsta senzora čija se vrednost menja kada se nad sensorom primeni neka sila ili pritisak. Na osnovu FSR signala možemo ustanoviti početak i kraj koraka, kao i ukupan broj koraka. Kada je u pitanju hod, najveća pažnja se posvećuje aktivnosti 10 mišića, a to su: *m.tibialis anterior*, *m.soleus*, *m.gastrocnemius lateralis*, *m.vastus medialis*, *m.vastus lateralis*, *m.rectus femoris*, *m.biceps femoris*, *m.semimembranosus*, *m.medial hamstring* i *m.gluteus medius*. Ispitivanja se mogu vršiti na svih 10 mišića ili na nekoj manjoj grupi mišića kao što se ovde posmatra 4 mišića: *m.vastus medialis* (VM), *m.tibialis anterior* (TA), *m.gastrocnemius medialis* (GM), *m.hamstrings* (HM). U ovoj studiji, merenja su vršena pomoću uređaja za analizu dinamičkog EMG-a [5].

Problem koji se u ovom radu rešava primenom neuronskih mreža, kao veoma moćnog alata, spada u klasu problema prepoznavanja oblika, odnosno klasifikacije. Naime, cilj je obučiti mrežu tako da prepozna da li dete boluje od cerebralne paralize ili ne. Korišćena je *feed-forward* neuronska mreža sa jednim skrivenim slojem. Za redukciju dimenzionalnosti ulaznih podataka koristi se statistička metoda analize glavnih komponenti (*Principal Component Analysis*, PCA) poznata još i kao Karhunen-Loève transformacija.

## 2. METODE KORIŠĆENE U RADU

U radu su korišćeni EMG signali snimljeni površinskim elektrodama, uređajem za snimanje dinamičkog EMG signala [5] sa četiri mišića noge i FSR signala kao detektora kontakta stopala sa podlogom, pomoću koga možemo izvršiti podelu ciklusa hoda na faze oslonca (*stance*) i zamaha (*swing*).

EMG i FSR signali su snimljeni tokom hoda 25 dece, od čega su 15 zdrava deca (deca sa tipičnim motoričkim razvojem), a 10 su deca obolela od CP. Snimanje je zbog postizanja ponovljivih rezultata vršeno četiri puta duž putanje dugačke 6m u oba smera, proizvoljnom brzinom koju deca sama biraju. Sve vreme su snimani signali na EMG aparatu (na USB flash memoriji) postavljanjem centara elektroda na rastojanje od 20mm, u pravcu mišićnih vlakana, sa ciljem da se što više redukuje *crosstalk* između mišića.



Slika 3 - FSR signal, u fazi zamaha FSR ima vrednost 0, a u fazi oslonca FSR signal vrednost je različita od 0

Nakon obrade EMG signala [6] dobijena je matrica U dimenzija [400x500], gde 400 redova čine 4 signala mišića (VM, TA, GM i HM), svaki odbirkovan u 100

tačaka i 500 kolona, gde su izdvojeni koraci za svako dete (po 20 koraka za 25 dece).

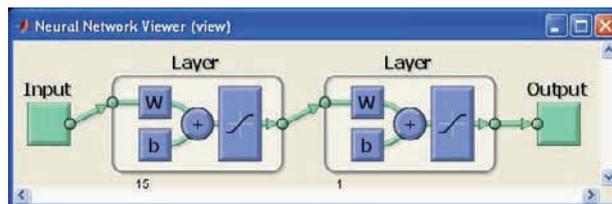
Problem koji se u ovom radu rešava primenom veštačkih neuronskih mreža (VNM) spada u klasu problema prepoznavanja oblika, odnosno klasifikacije. Naime, cilj je obučiti mrežu tako da prepozna da li dete boluje od cerebralne paralize (CP) ili ne.

VNM koja je korišćena za klasifikaciju, treba pre svega da se obučiti, pa je matrica U podeljena na obučavajući (60%) i validacioni (20%) skup za obuku i test skup (20%) za testiranje. Obučavajući skup je matrica dimenzije 400x300, validaciona matrica je dimenzije 400x100 i test matrica je dimenzije 400x100. Kako nam je cilj da VNM pokaže da li je posmatrani EMG signal zdravog ili deteta obolelog od CP, izlazni skup VNM čini vektor 1x500 sastavljen od nula i jedinica (1- predstavlja dete obolelo od CP i 0 – predstavlja zdravo dete) (Tabela 1).

	Broj zdrave dece	Broj dece sa CP	Broj koraka
<b>Obučavajući skup (60%)</b>	9 (180 koraka)	6 (120 koraka)	300 koraka
<b>Validacioni skup (20%)</b>	3 (60 koraka)	2 (40 koraka)	100 koraka
<b>Test skup (20%)</b>	3 (60 koraka)	2 (40 koraka)	100 koraka
<b>Ukupno</b>	15	10	500 koraka

Tabela 1 –Ulazni podaci u VNM

Za pravljenje, obučavanje i testiranje VNM korišćen je Matlab programski paket – *Neural Network Toolbox*. Mreža je tipa *Multilayer Perceptron* (MLP) *feedforward* sa nadgledanim učenjem, od tri sloja, ulaznim, jednim skrivenim i izlaznim slojem. Broj neurona u ulaznom sloju odgovara dimenziji obučavajućeg skupa, a broj neurona u izlaznom sloju je jedan (jer se radi o klasi problema prepoznavanje oblika, odnosno klasifikaciji - 0 ili 1). Broj neurona u skrivenom sloju je manjan od 2 do 80 i najbolje rezultate je pokazala mreža sa 15 neurona u skrivenom sloju Slika 4.



Slika 4 - Izgled MLP feedforward mreže sa jednim skrivenim slojem

Na raspolaganju su tri aktivacione funkcije neurona: *tansig* – hiperbolički tangens, *logsig* – logaritamska

sigmoidna i linearna – *purelin* od kojih je nakon velikog broja ponavljanja i opsežnog testiranja najbolje rezultate pokazala mreža sa aktivacionim funkcijama tipa *tansig*. Funkcija koja se koristi za obučavanje u cilju minimizacije srednje kvadratne greške (MSE) između izlaza koje dobijemo i željenih izlaza je *trainlm* - Levenberg-Marquardtov *back-propagation* algoritam [7-9].

Kako bi se obučavanje mreže što više ubrzalo, izvršena je redukcija dimenzionalnosti ulazne matrice U primenom *Principal Component Analysis* (PCA) [11-13]. PCA je odrađena primenom Matlabove funkcije *princomp* koja traži zavisnosti, pravila i bitne karakteristike podataka i preslikavanja u novu matricu koju predstavlja željenim brojem tačaka.

Parametri koji se koriste da za ocenu valjanosti-performansi VNM su: tačnost (*Accuracy Acc*), osetljivost (*Sensitivity Se*) i specifičnost (*Specificity Sp*) i računaju se na sledeći način :

$$A_{cc} = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} * 100\% \quad (2.1)$$

$$S_e = \frac{TP}{TP+FN} * 100\% \quad (2.2)$$

$$S_p = \frac{TN}{TN+FP} * 100\% \quad (2.3)$$

gde su :

- TP (*True Positive*) - broj tačnih klasifikacija kada je pacijent bolestan (sa CP)
- TN (*True Negative*) - broj tačnih klasifikacija kada je pacijent zdrav
- FP (*False Positive*) - broj zdrave dece koja su klasifikovana kao bolesna
- FN (*False Negative*) - broj obolele dece koja su klasifikovana kao zdrava [10].

Konfuziona matrica nudi prikaz performanse klasifikatora i u slučaju dve klase je u formi:

		Željeni odziv	
		negativan	pozitivan
Stvarni odziv	negativan	TN	FN
	pozitivan	FP	TP

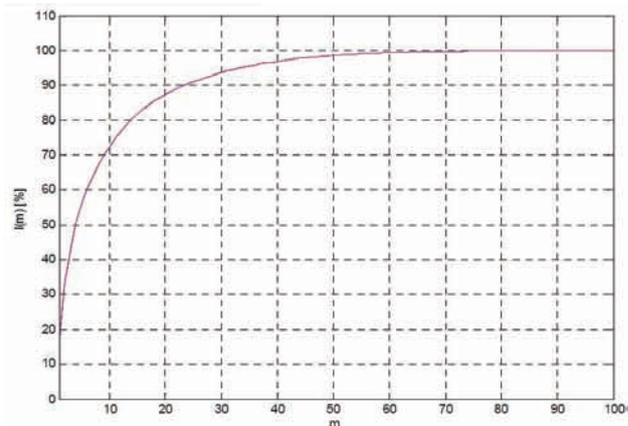
Tabela 2 – Konfuziona matrica

#### 4. REZULTATI

U ovom radu je korišćena MLP *feedforward* mreža sa nadgledanim učenjem, sa tri sloja i 15 neurona u skrivenom sloju. Performanse su donekle zadovoljavajuće, tačnost je oko 91%, ali se pokazalo da postoji povećan broj lažno negativnih klasifikacija FN (Tabela 3.). Pri većem broju neurona od 15 u skrivenom sloju, dolazi do prevelikih hardverskih zahteva za što

većom količinom raspoložive memorije i dovodi do znatnog usporavanja obrade.

Primenom PCA metode može se videti da prvih 20-ak glavnih komponenti (PC) nosi najveći procenat varijanse ulaznih podataka (25 prvih PC komponenti nosi preko 90%, Slika 5), te se na osnovu njih formira nova matrica ulaza U1 u VNM i postupak pravljenja, obuke i testiranja VNM, kao što je prethodno opisano, se ponavlja, a rezultati se nalaze u Tabeli 3. Primenom PCA algoritma, tj. prelaskom u prostor novih obeležja, dolazi do poboljšanja tačnosti i specifičnosti i vremena obuke, ali i do malog pada osetljivosti.



Slika 5 – Prikaz rezultata primene PCA na ulaznu matricu- indeks informativnosti

	Parametri performansi	Prvobitna matrica ulaza U	PCA na matricu U ( 25 PC)
VNM / ANN	Tačnost Acc	0.91	0.92
	Osetljivost Se	0.89	0.88
	Specifičnost Sp	0.91	0.95

Tabela 3 - Rezultati klasifikacije prilikom obučavanja ANN

#### 5. ZAKLJUČAK

Automatizacija postupka određivanja neuro-muskulatorne aktivnosti značajno bi olakšala, ubrzala i učinila dostupnijom postupke primene EMG signala u medicini i kineziologiji, ali zbog svojstava EMG signala, taj problem nije jednostavno rešiti, pa je predmet velikog broja naučnih istraživanja

Kvalitetnom analizom površinskih EMG signala bi se mogla postaviti dobra dijagnoza i na osnovu toga primeniti adekvatna terapija i utvrditi efikasnost iste.

Složenost sistema za snimanje, tj. veliki broj elektroda, predstavlja problem u radu sa pacijentima, naročito sa decom, odvlači im pažnju i dovodi do toga da karakteristike hoda ne prikazuju pravo stanje, a samim tim, ni terapija neće biti adekvatna. Teži se redukovanju parametara koji su potrebni za pouzdanu analizu hoda i smanjenju broja elektroda na što manji. Dodatni problem predstavlja i nedostatak dovoljnog broja baza podataka snimljenog hoda među decom, raznolikost hoda, čak i kod zdravih ispitanika, usled razlika u starosti, polu, osnovnim parametrima hoda, tipu oboljenja (cerebralna paraliza, Parkinsonova bolest, hemiplegija...) i samom procesu merenja.

Predmet ovog rada bio je pokazati da li je moguće i sa kolikom tačnošću, izvršiti klasifikaciju hoda zdrave i dece obolele od CP analizirajući samo EMG signale četiri posmatrana mišića nogu. Na osnovu dobijenih rezultata možemo zaključiti da je metoda jednostavna i klinički primenljiva za prepoznavanje i klasifikaciju poremećaja donjih ekstremiteta kod dece sa CP. Snimanje EMG signala sa četiri posmatrana mišića nogu i jednim FSR signalom, predstavlja dovoljan broj parametara da na kvalitetan način reprezentuju nepravilnosti u aktivaciji mišića dece sa CP. Za još bolje rezultate potrebna su dodatna usavršavanja aparature za snimanje, algoritama za analizu signala, bolji algoritmi za poređenje i kvantifikaciju šema aktivacije mišića tokom hoda, drugačiji izbor i konstrukciju veštačkih neuronskih mreža kao mogućnosti za usavršavanje. Nažalost, za sada se ova metoda klasifikacije ne može koristiti samostalno, već lekaru-terapeutu može poslužiti kao sugestija i kao pomoć pri odlučivanju i dijagnostici.

Ovakvom upotrebom veštačkih neuronskih mreža, analizom i klasifikacijom EMG signala otvaraju se vrata za korišćenje i u drugim oblastima medicine, ne samo u ovom konkretnom slučaju.

## 6. LITERATURA

- [1] Vladimir Lojanica, „Veštačke Neuronske Mreže”, Beograd, 2001
- [2] Mario Kasović, Iva Mrnen i Mladen Mejovšek *Biomehanika normalnog hoda*, Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zdravstveno veleučilište u Zagrebu, 2009.
- [3] R. Shiavi, C. Frigo, A. Pedotti: *Electromyographic signals during gait: criteria for envelope filtering and number of strides*. Med. Biol. Eng. Comput., 35, 171-178, 1998.
- [4] Peter Konrad: *The ABC of EMG* [www.noraxon.com/emg/emg.php3](http://www.noraxon.com/emg/emg.php3)

[5] Ilic V, Jorgovanovic N, Bojanic D, Tepic Z. *EMG holter system for gait parameters evaluation*. Proc. 54th ETRAN Conference, Donji Milanovac, 2010

[6] Vojin Ilić *Prilog analizi jednodimenzionalnih elektrofizioloških signala*, magistarska teza, Novi Sad, 2007.

[7] Martin T.Hagan & Mohammad B. Menhaj, *Training Feedforward Networks with the Marquardt Algorithm*, *IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL NETWORKS*, VOL. 5 , NO. 6, NOVEMBER 1994.

[8]

[http://en.wikipedia.org/wiki/Levenberg%E2%80%93Marquardt\\_algorithm](http://en.wikipedia.org/wiki/Levenberg%E2%80%93Marquardt_algorithm)

[9] <http://www.mathworks.com/help/>

[10] P.A.Kaplanis, C.S.Pattichis, C.I.Christodoulou, L.J.Hadjileontiadis, V.C.Roberts, T. Kyriakides, *A Surface Electromyography Classification System*, The Cyprus Institute of Neurology and Genetics, P.O. Box 23462, Nicosia, Cyprus, Kings College School of Medicine and Dentistry, University of London, UK Dept. of Computer Science, University of Cyprus, Dept. of Electrical & Computer Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

[11] Lindsay I. Smit, *A tutorial on Principal Components Analysis*, 2002.

[12] Jolliffe IJ. *Principal component analysis*. Springer, New York, 1986.

[13] Will Dwinnell, *Data Mining in Matlab – Putting PCA to work*

## Kratka biografija:



**Nemanja Andić** rođen je u Užicu 1983. god. Nakon završene osnovne škole upisuje srednju tehničku školu „Radoje Marić“ u Užicu, a 2002. godine upisuje Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, odsek Elektrotehnika i računarstvo, smer Računarstvo i automatika, usmerenje Automatika i upravljanje sistemima.

**PROJEKTOVANJE I ANALIZA RADA 3T i 1T1C CMOS DRAM ĆELIJE U  
STANDARDNOJ 0.35  $\mu\text{m}$  CMOS TEHNOLOGIJI****DESIGN AND ANALYSIS OF 3T AND 1T1C CMOS DRAM CELL IN STANDARD 0.35  $\mu\text{m}$   
CMOS TECHNOLOGY**Nikola Maslovara, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu prikazano je projektovanje CMOS DRAM memorijskih ćelije sa 3 tranzistora i ćelije sa jednim tranzistorom i jednim kondenzatorom. Ova kola sastoje se od NMOS tranzistora i koriste se za skladištenje podataka. Korišćenjem programskog paketa Cadence analiziran je rad ovih kola. Menjanjem parametara ovih ćelija i vršenjem simulacija pokazan je trend promene vremena upisa, na osnovu čega su ove ćelije međusobno upoređene. Obe vrste CMOS DRAM ćelija su projektovane u standardnoj 0.35  $\mu\text{m}$  CMOS tehnologiji.

**Abstract** – In this paper the design of a 3-transistor, as well as a 1-transistor and 1-capacitor CMOS DRAM cells are presented. These circuits consist of NMOS transistors and represent data storage devices. Both cells are analyzed using Cadence software tools. By changing cell parameters and executing simulations write-time variation trend is shown, and based on this cell comparison is done. Both CMOS DRAM cells are designed in standard 0.35  $\mu\text{m}$  technology.

**Cljučne reči:** Memorija, CMOS, DRAM, 3T, 1T1C, ćelija, projektovanje, analiza.

**1. UVOD**

RAM (Random Access Memory) memorija je vrsta MOS (Metal Oxide Semiconductor) memorije čijem sadržaju se može pristupiti po proizvoljnom redosledu i u koju se podaci mogu i upisivati, a ne samo čitati, kao što je to slučaj kod ROM (Read Only Memory) [1]. Među MOS RAM memorijama najkritičnije za rad računarskog sistema, po pitanju brzine, su DRAM memorije [2].

DRAM (Dynamic RAM) memorija je vrsta RAM-a koja svaki bit podataka čuva u zasebnom kondenzatoru unutar integrisanog kola. Kondenzator može biti napunjen ili ispražnjen i ova dva stanja predstavljaju dve moguće vrednosti bita – 1 ili 0. Pošto kondenzator ima određenu struju curenja (leakage current) vremenom se količina naelektrisanja u njemu menja. Da zbog curenja ne bi došlo do gubitka informacije DRAM memorija zahteva periodično osvežavanje (refresh) i zbog toga se naziva dinamičkom memorijom [3].

U ovom radu je prikazan dizajn i analiza rada CMOS DRAM memorijskih ćelija sa tri tranzistora i jednim tranzistorom i jednim kondenzatorom. Projektovanje i

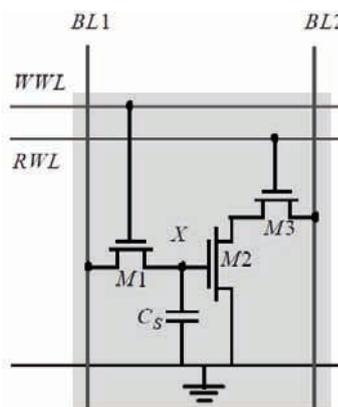
analiza kola urađeni su korišćenjem programskog paketa Cadence [4], [5], u standardnoj 0.35  $\mu\text{m}$  tehnologiji.

U poglavlju 3 prikazane su vremenske analize signala koji igraju ulogu pri operacijama čitanja i upisa. Izračunata su vremena upisa i čitanja logičke jedinice i nule. Takođe je određeno i vreme zadržavanja bita podataka (data retention) u obe ćelije.

U poglavlju 4 analiziran je uticaj promene kapacitivnosti kondenzatora, kao i napona napajanja, na brzinu čitanja i upisa i oblike signala.

**2. ANALIZA RADA CMOS DRAM ĆELIJA****2.1. 3T DRAM ćelija**

Izgled DRAM ćelije sa 3 tranzistora prikazan je na slici 1. Ona se sastoji od 3 NMOS tranzistora. Tranzistor  $M_2$  je tzv. „storage” tranzistor, odnosno kapacitivnost njegovog gejta je modelovana kao kondenzator  $C_s$ . Tranzistor  $M_1$  se koristi pri upisu u ćeliju, a tranzistor  $M_3$  pri čitanju sadržaja memorijske ćelije. Treća operacija jeste osvežavanje sadržaja ćelije (tj. kapacitivnosti  $C_s$ ) i ona predstavlja kombinaciju operacija čitanja i ponovnog upisa invertovane vrednosti upravo pročitano sadržaja, baš tim redosledom.



Slika 1. Izgled 3T DRAM ćelije

Upis u ćeliju vrši se aktiviranjem signala  $WWL=1$  (Write Word Line), čime se uključuje tranzistor  $M_1$ , omogućujući na taj način punjenje kapacitivnosti  $C_s$  na vrednost koja se nalazi na bit liniji  $BL_1$  (Bit Line).

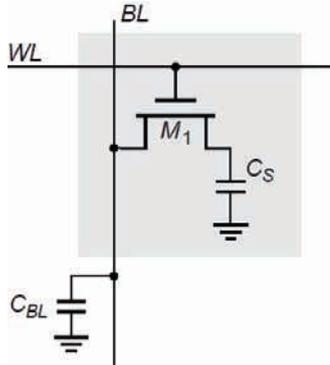
Čitanje iz ove ćelije vrši se postavljanjem linije  $RWL$  (Read Word Line) na visoku vrednost, čime se uključuje tranzistor  $M_3$ . Linija  $BL_2$  je prethodno postavljena na napon  $V_{DD}/2$ . U zavisnosti da li je u  $C_s$  prethodno bila upisana 1 ili 0, vrednost napona na  $BL_2$  će se smanjiti ili ostati ista, respektivno.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Damnjanović, vanred. prof.

## 2.2. 1T1C DRAM ćelija

Izgled DRAM ćelije sa jednim tranzistorom i jednim kondenzatorom (1T1C DRAM) je dat na slici 2. Tranzistor  $M_1$  se u ovoj konfiguraciji koristi pri sve tri operacije (upis, čitanje, osvežavanje).



Slika 2. Izgled 1T1C DRAM ćelije

Vrednost napona na bit liniji  $BL$  pre svake operacije se postavi na  $V_{DD}/2$ .

Upis u ćeliju vrši se tako što se  $WL$  (Word Line) postavi na visoku vrednost, čime se uključuje tranzistor  $M_1$ , omogućujući na taj način punjenje kapacitivnosti  $C_S$  na vrednost koja se dovodi na bit liniju  $BL$ .

Čitanje iz ćelije se vrši tako što se postavi  $WL=1$ , čime se uključuje  $M_1$ . Tada dolazi do preraspodele naelektrisanja između  $C_S$  i kapacitivnost bit linije  $C_{BL}$ .

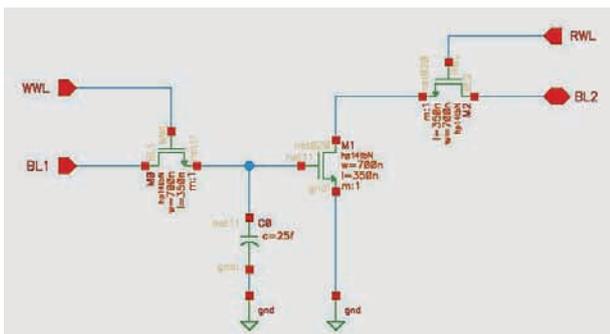
U zavisnosti da li je u  $C_S$  prethodno bila upisana 0 ili 1, napon na  $BL$  će se smanjiti ili povećati za približno 100 mV, respektivno.

## 3. DRAM MEMORIJSKE ĆELIJE REALIZOVANE U STANDARDNOJ 0.35 $\mu\text{m}$ CMOS TEHNOLOGIJI

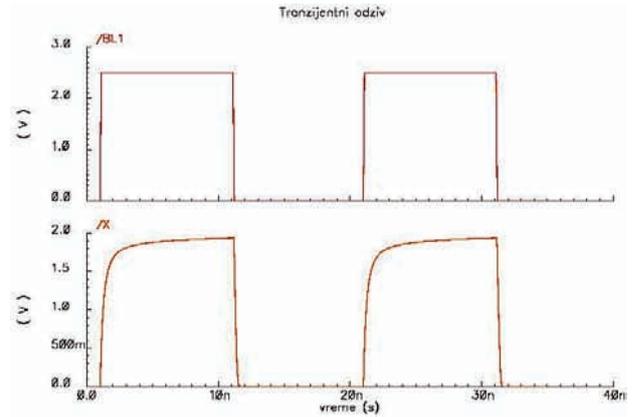
Na slici 3 prikazan je šematič CMOS DRAM ćelije sa tri tranzistora, projektovane u Cadence softverskom paketu. Korišćeni su NMOS tranzistori dimenzija  $W/L = 0.7 \mu\text{m}/0.35 \mu\text{m}$ .  $C_0$  predstavlja kapacitivnost gejta tranzistora  $M_1$  i u nju se smešta odgovarajući podatak, odnosno logička jedinica ili nula.

Ulazi na slici 3 označeni su sa  $WWL$  (linija za dozvolu upisa),  $RWL$  (linija za dozvolu čitanja),  $BL_1$  (bit linija za upis u ćeliju), dok je izlaz označen sa  $BL_2$  (bit linija za čitanje iz ćelije).

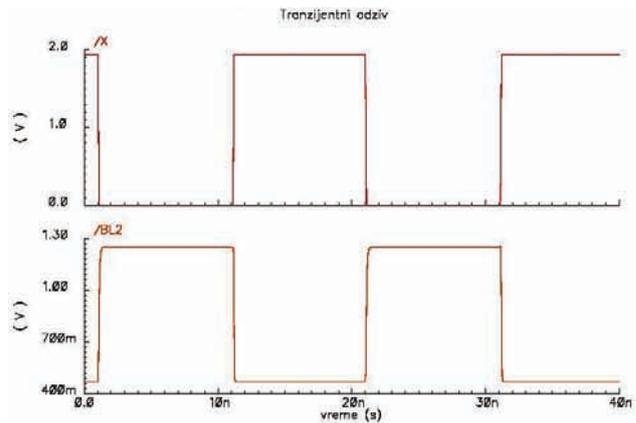
Na slikama 4 i 5 prikazani su vremenski oblici signala pri operacijama upisa i čitanja za 3T DRAM ćeliju, respektivno.



Slika 3. Šematič 3T DRAM ćelije



Slika 4. Signali  $BL_1$  i  $X$  pri upisu u 3T DRAM ćeliju

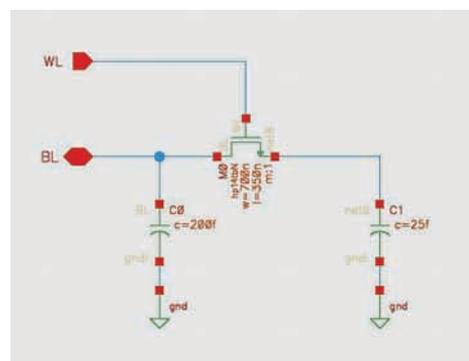


Slika 5. Signali  $X$  i  $BL_2$  pri čitanju iz 3T DRAM ćelije

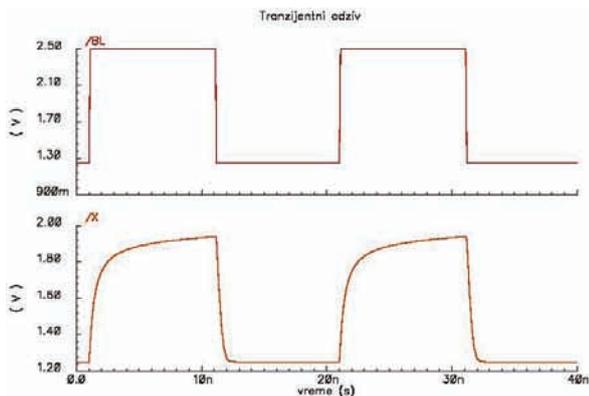
Na slici 6 prikazan je šematič projektovane CMOS 1T1C DRAM ćelije. Korišćeni su NMOS tranzistori dimenzija  $W/L = 0.7 \mu\text{m}/0.35 \mu\text{m}$ . Kapacitivnost kondenzatora u koji se smešta podatak  $C_1$  je 25 fF, dok je sa  $C_0$  modelovana kapacitivnost bit linije.

Ulaz na slici 4 označen je sa  $WL$  (linija za dozvolu upisa/čitanja), dok  $BL$  (bit linija za upis i čitanje) ima ulogu ulaza pri operaciji upisa, odnosno ulogu izlaza pri operaciji čitanja.

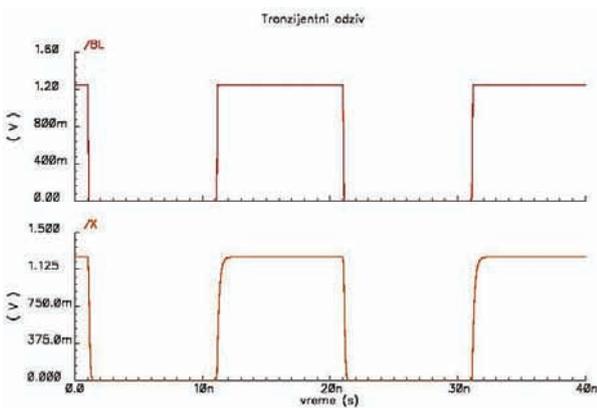
Na slikama 7 i 8 prikazani su vremenski oblici signala pri operacijama upisa logičke jedinice i nule za 1T1C DRAM ćeliju, respektivno.



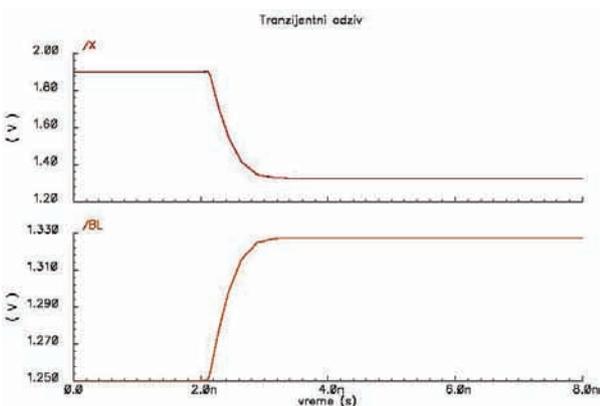
Slika 6. Šematič 1T1C DRAM ćelije



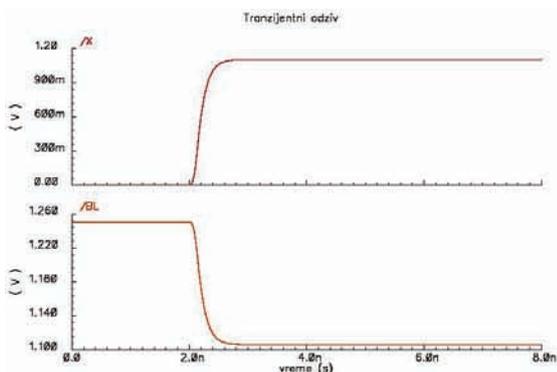
Slika 7. Signali BL i X pri operaciji upisa logičke jedinice u 1T1C DRAM ćeliju



Slika 8. Signali BL i X pri operaciji upisa logičke nule u 1T1C DRAM ćeliju



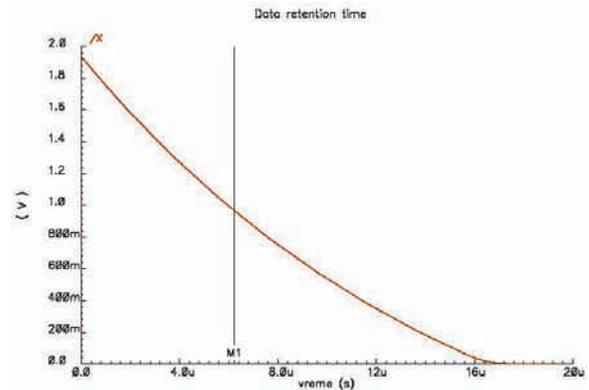
Slika 9. Signali BL i X pri operaciji upisa logičke nule u 1T1C DRAM ćeliju



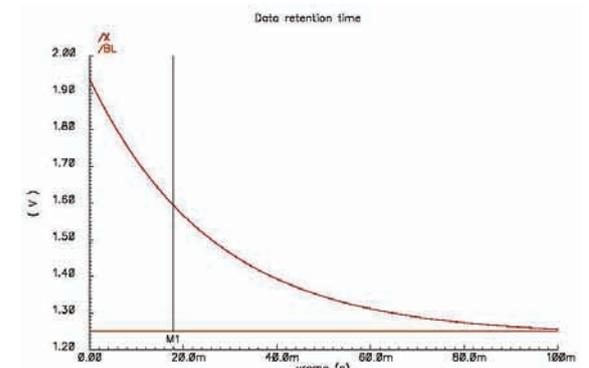
Slika 10. Signali BL i X pri operaciji upisa logičke nule u 1T1C DRAM ćeliju

Na slikama 9 i 10 prikazani su vremenski oblici signala pri operacijama čitanja logičke jedinice i nule za 1T1C DRAM ćeliju, respektivno.

Merenju vremena zadržavanja bita podataka kod oba tipa ćelije pristupljeno je na sledeći način: u ćeliju (3T, 1T1C) je upisana jedinica, dok su svi ostali signali ćelije držani na nuli. Mereno je vreme za koje napon na kondenzatoru u kome se čuva bit podataka opadne na 50 % svoje vrednosti. Ovo je prikazano na slikama 11 i 12, za 3T i 1T1C DRAM ćeliju, respektivno.



Slika 11. Vreme zadržavanja bita podataka za 3T DRAM



Slika 12. Vreme zadržavanja bita podataka za 1T1C DRAM

Izvršavanjem simulacija i merenjem vremena upisa i čitanja logičke jedinice i nule, kao i merenjem vremena zadržavanja bita podataka, dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Vremena upisa i čitanja kao i vreme zadržavanja podataka za 3T i 1T1C ćelije

Operacije	Ćelije	3T DRAM ćelija (2.5 V, 25 fF)	1T1C DRAM ćelija (2.5 V, 25 fF)
vreme upisa 1		306 ps	367 ps
vreme upisa 0		107 ps	84 ps
vreme čitanja 1		40 ps	~ 0 s
vreme čitanja 0		41 ps	~ 0 s
vreme zadržavanja		6.2 μs	17.925 ms

Pokazalo se da je kod obe projektovane ćelije kritičnija operacija upisa. 1T1C ćelija je mnogo brža pri čitanju, jer se tu, ustvari, radi o raspodeli naelektrisanja između dva paralelno vezana kondenzatora.

Vreme zadržavanja podataka je dosta kraće kod 3T ćelije, tako da ona zahteva češće osvežavanje podataka. Ovo je posledica veće amplitude signala upisanog u kondenzator  $C_0$ , kao i većeg broja parazitnih provodnosti kroz koje

postoji struja curenja, nego što je to slučaj kod 1T1C DRAM ćelije.

#### 4. DISKUSIJA DOBLJENIH REZULTATA

Za oba tipa DRAM ćelija pokazalo se da je vreme upisa kritičnije od vremena čitanja. Kako je rad ćelija zavisao od kapacitivnosti na linijama za adresiranje (*BL* i *WL*), kao i od vrednosti napona napajanja, analiziran je i uticaj ova dva parametra. Zavisnost vremena upisa od promene kapacitivnosti kondenzatora prikazana je u tabeli 2. Uticaj promene napona napajanja na vreme upisa 0 i 1 u ćelije prikazan je u tabeli 3.

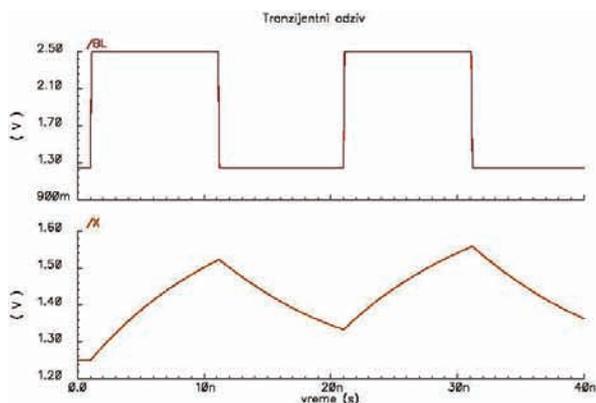
Tabela 2. Vremena upisa 1 i 0 u CMOS DRAM ćelije pri različitim vrednostima kapacitivnosti kondenzatora

Ćelija \ Operacija	vreme upisa 1	vreme upisa 0
3T (1 fF)	21 ps	25 ps
1T1C (1 fF)	290 ps	38 ps
3T (75 fF)	935 ps	246 ps
1T1C (75 fF)	9.617 ns	13 ps
3T (200 fF)	2.508 ns	499 ps
1T1C (200 fF)	-	-
3T (1 pF)	-	-
1T1C (1 pF)	-	-

Tabela 3. Vremena upisa 1 i 0 u CMOS DRAM ćelije pri različitim vrednostima napona napajanja

Ćelije \ Operacije	vreme upisa 1	vreme upisa 0
3T (2 V)	198 ps	168 ps
1T1C (2 V)	7.103 ns	46 ps
3T (1.5 V)	555 ps	130 ps
1T1C (1.5 V)	-	-
3T (1 V)	-	-
1T1C (1 V)	-	-

Povećavanje kapacitivnosti i smanjivanje napona napajanja dovodi do povećavanja vremena upisa, što se manifestuje sporijim radom memorijske ćelije. Pri ekstremnijoj promeni ovih parametara signali postaju previše izobličeni, a DRAM memorijske ćelije gube svoju funkciju, što se može videti na slici 11.



Slika 13. Izobličeni izlazni signal X pri operaciji upisa u 1T1C DRAM ćeliju, pri vrednosti kapacitivnosti od 1 pF

#### 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su upoređene 3T i 1T1C CMOS DRAM ćelije. Dimenzije korišćenih NMOS tranzistora iznose  $W/L = 0.7 \mu\text{m} / 0.35 \mu\text{m}$ .

Za 3T DRAM ćeliju dobijena vremena upisa iznose 306 ps i 107 ps za logičku jedinicu i nulu, respektivno, dok su vremena čitanja 55 ps i 27 ps za logičku jedinicu i nulu, respektivno. Za 1T DRAM ćeliju i date dimenzije dobijena vremena upisa iznose 367 ps i 84 ps za logičku jedinicu i nulu, respektivno, dok su vremena čitanja praktično jednaka nuli.

Simulacije su pokazale da se povećavanjem kapacitivnosti kondenzatora i smanjivanjem napona napajanja dovodi do usporavanja rada memorijske ćelije. Pri ekstremnijoj promeni ovih parametara DRAM memorijske ćelije gube svoju funkciju.

Izmereno vreme zadržavanja podataka (data retention) kod 1T1C projektovane DRAM ćelije iznosi 17.925 ms, dok je kod 3T DRAM ćelije ono skromnih 6.2  $\mu\text{s}$ . Očigledno je da obe ćelije zahtevaju periodično osvežavanje.

Oba rešenja su pokazala svoje prednosti i mane. 3T ćelija mnogo brže izvršava operacije upisa i čitanja, a pri tome je i robusnija, odnosno otpornija na promene parametara. Takođe, velika prednost 3T ćelije je i to što operacija čitanja nije destruktivna. 1T1C ćelija je jednostavnije konstrukcije, zauzima manju površinu na pločici i ima manju potrošnju i veće vreme zadržavanja podataka zahvaljujući bit liniji koja se pre svake operacije upisa i čitanja prethodno postavi na vrednost  $V_{DD}/2$ .

#### 6. LITERATURA

- [1] Tegze P. Haraszti: „CMOS Memory Circuits“, Kluwer Academics Publisher, 2000.
- [2] David T. Wang: „Modern DRAM Memory Systems: Performance Analysis and Scheduling Algorithm“, doktorska teza, University of Maryland, 2005.
- [3] Anh Tuan Do, He Yi, Kiat Seng Yeo, and Tony T. Kim: „Retention Time Characterization and Optimization of Logic-compatible Embedded DRAM Cells“, Nanyang Technological University, Singapore.
- [4] David W. Parent: „A supplemental guide for using CDS tools for IC design“, San Jose State University.
- [5] Antonio J. Lopez Martin: “Tutorial Cadence design environment“, New Mexico State University, October 2002.

#### Kratka biografija:



**Nikola Maslovara** rođen je u Sremskoj Mitrovici 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarsko projektovanje digitalnih elektronskih kola odbranio je 2013. godine.

**REDIZAJN SOFTVERA ZA RUKOVANJE KEŠIRANIM PODACIMA  
CACHE DATA HANDLING SOFTWARE REDESIGN**Biljana Knežević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je opisan redizajn softvera koji omogućava rukovanje keširanim podacima servisa jednog Sistema za upravljanje distribucijom električne energije. Softver je implementiran korišćenjem Windows Presentation Foundation (WPF) tehnologije. Prilikom redizajna kao osnova arhitekture ove WPF aplikacije korišćen je obrazac Model View ViewModel (MVVM). Povećana je modularnost i generičnost softvera. Softver je proširen dodatnim modulom za dobavljanje podataka.

**Abstract** – This paper describes the redesign of data cash handling software of a service that is a part of electrical distribution management system. The software is implemented using the Windows Presentation Foundation (WPF) technology. Model View ViewModel (MVVM) template is used to build the structure basis of this WPF application. The software is designed to be more generic and its modularity has been increased and it has been upgraded with new module for data fetching.

**Ključne reči:** Windows Presentation Foundation, WPF, Model View ViewModel, MVVM, modularnost, generičnost

**1. UVOD**

Prilikom razvoja servisno orijentisanih sistema jedan od problema je provera funkcija koje servisi pružaju, kao i praćenje promena podataka koje pojedini servisi čuvaju. Da bi se povećala brzina razvoja i poboljšao kvalitet takvih sistema korisno je imati softver koji će omogućiti praćenje tih promena, uočavanje grešaka, ali i rukovanje podacima koje čuvaju pojedini servisi. U takvim sistemima svaki servis ima sopstvene tipove podataka sa kojima radi, kao i određene funkcionalnosti koje pruža. Iako to mogu da budu različiti tipovi i strukture podataka, softver koji omogućava rukovanje tim podacima treba da ih prikazuje na srodan način. U ovom radu je opisan redizajn ovakvog softvera za rukovanje keširanim podacima, *Cache data handling software (CDHS)*. Osnovni cilj softvera jeste da omogućiti lakše otklanjanje grešaka i čitanje keširanih podataka.

*CDHS* je implementiran korišćenjem *WPF* tehnologije. Prilikom redizajna, kao osnova arhitekture ove *WPF* aplikacije, korišćen je obrazac *MVVM* koji obezbeđuje konzistentan programski model i potpuno razdvaja korisnički interfejs od poslovne logike.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Hajduković, red.prof.

Primenom prednosti *WPF* tehnologije povećana je modularnost softvera, pri čemu svaki od modula može da se razvija i menja nezavisno, što omogućava lakšu proširivost softvera [1]. *WPF* komponente su omogućile jednostavan dizajn za dinamičko kreiranje korisničkog interfejsa.

**2. DISKUSIJA CDHS-a****2.1. Složeni softverski sistem**

**Sistem za upravljanje distribucijom električne energije** predstavlja tehničko informacijski sistem koji omogućava kompletan uvid u tehničke podatke, analizu rada električne distributivne mreže, primenu ekspertskih metoda za unapređenje rada sistema, kao i upravljanje i planiranje u električnom distributivnom sistemu. On obrađuje podatke koji definišu model električnog distributivnog sistema i pruža usluge korisniku koji poseduje znanje o realnom sistemu.

Sistem za upravljanje distribucijom električne energije je troslojni servisno orijentisani sistem. Različiti slojevi, kao i različiti moduli u okviru tih slojeva obavljaju različite funkcionalnosti u skladu sa ulogom koju imaju u sistemu. Slojevi sistema su:

- Baza podataka – sloj koji sadrži podatke o električnoj distributivnoj mreži, strukturirane i razvrstane po uzoru na model.
- Srednji sloj – sloj koji predstavlja skup servera i servisa koji međusobno komuniciraju i obezbeđuju komunikaciju između slojeva.
- Klijentske aplikacije (*GUI* aplikacije) – sloj koji posredstvom servisa preuzima podatke za prezentaciju, izdavanje komandi, zahtevanje proračuna i promena modela mreže, kao i praćenje i upravljanje kompletnim sistemom.

Servisi srednjeg sloja bi trebalo da omogućuju bolju komunikaciju između klijentskih aplikacija i baze podataka, ali isto tako i bolju razmenu podataka sa drugim sistemima.

Razmena podataka između servisa se obavlja pomoću posebnih struktura podataka. Ove strukture su napisane na univerzalni način i koriste univerzalne tipove podataka. Svaki servis ima lokalnu *in-memory* bazu podataka. Zapravo to su skladišta keširanih podataka u kojima servis čuva aktuelne vrednosti podataka sa kojima radi. U zavisnosti od funkcije koju servis obavlja u sistemu, podaci, koji se čuvaju u lokalnoj memoriji mogu biti statički ili dinamički. U pogledu lokalnih memorija i načina pristupanja tim memorijama, ovaj sistem ima tri karakteristične vrste servisa.

Osnovni servis sistema jeste **Servis modela podataka**. On sadrži opise statičkih elemenata modela elektroenergetskog distributivnog sistema. Podaci, s kojima rukuje

ovaj servis, se čuvaju u lokalnoj memoriji servisa. Za keširanje podataka nije potrebna posebna struktura. Tim podacima se pristupa pomoću mehanizma za generički pristup podacima **Servisa za generički pristup podacima**. **Servis modela podataka** pruža podatke drugim servisima koji utvrđuju trenutno stanje elektroenergetskog distributivnog sistema. Ti servisi, za razliku od **Servisa modela podataka**, čuvaju u svojoj lokalnoj memoriji takozvane dinamičke podatke.

**Servis za izvršavanje funkcija** je odgovoran za izvršavanje proračuna u realnom vremenu. Ti proračuni se izvršavaju po prijemu izmena od drugih servisa. Ovo je servis koji rukuje podacima koji se menjaju u realnom vremenu, i zbog čestih promena bitna je brzina pristupa tim podacima. Pošto čitanje i pisanje podataka u relacionu bazu podataka usporava rad servisa, razvijena je klasa čija se instanca (**Pametni keš**) koristi za lokalno smeštanje podataka. Podacima, koji se čuvaju u takvoj memoriji servisa, se može pristupiti putem mehanizma za objavljivanje-pretplaćivanje ili pomoću **Servisa za generički pristup podacima**. **Servis za izvršavanje funkcija** smešta opise stanja, konfiguracije i druge podatke u nekoliko **Pametnih keševa**, što znači da taj servis poseduje više instanci dotične klase.

**Servis za oznake** obezbeđuje rad sa oznakama koje se vezuju za elemente elektroenergetske distributivne mreže. Ovaj servis ima jedan **Pametni keš** u koji smešta podatke. Podacima koji se čuvaju u **Pametnom kešu** ovog servisa se može pristupiti putem mehanizma za objavljivanje-pretplaćivanje ili pomoću **Servisa za generički pristup podacima**.

## 2.2. Keširani podaci i mehanizmi za dobavljanje podataka

**Pametni keš** predstavlja *in-memory* bazu podataka, koju mogu da koriste servisi **Sistema za upravljanje distribucijom električne energije**.

**Pametni keš** obezbeđuje dodavanje, brisanje i izmenu podataka koji se u njemu čuvaju. On sadrži module za objavljivanje, pretplaćivanje, replikaciju, postavljanje upita i za snimanje podataka u relacionu bazu podataka. Većina modula je opcionalna. U zavisnosti od potrebe servisa, prilikom kreiranja instance **Pametnog keša**, moduli mogu da se omoguće ili onemoguće.

Svaki **Pametni keš** je jednoznačno određen imenom, modelom, koji predstavlja kod na osnovu koga se mogu dobiti metapodaci, flegovima, koji omogućavaju individualne module **Pametnog keša** i specifičnim parametrima. Svaki od parametara ima globalni identifikator, a neki parametri imaju i lokalni.

Organizacija podataka u bazi podataka je definisana podtipovima **Pametnog keša**. Na taj način je za potrebe određenih servisa omogućeno fleksibilnije uređenje strukture podataka. Postoje dva podtipa **Pametnog keša**:

- **Element keš**

**Servis za oznake** poseduje ovaj podtip **Pametnog keša**. U ovom servisu se čuvaju oznake koje nose određenu semantiku, i oznake koje predstavljaju samo napomenu o elementu elektrodistributivne mreže za koji su vezane. Tako **Pametni keš Servisa za oznake** poseduje dve vrste podataka, koji se označavaju kao tipovi

resursa. Svaka od te dve vrste podataka ima određene atribute kojima se dodeljuju određene vrednosti. Na primer, oznake koje nose semantiku imaju sledeće atribute: katalog, grupa, komentar, vreme kreiranja, identifikator kreatora.

- **Stavka keš**

**Stavka keša** vrši grupisanje najpre po bolokovima (distributivna mreža je podeljena na blokove), a unutar tih blokova podaci su grupisane po tipovima resursa. **Servis za izvršavanje funkcija** sadrži instance **Pametnog keša** koji su tipa **Stavka keš**.

**Pametni keš** je podržan sa više mehanizama za dobavljanje podataka. Mehanizam za objavljivanje-pretplaćivanje omogućava da se podaci iz memorije jednog servisa, koji objavljuje promene, prenose u memoriju drugog koji je pretplaćen na te promene.

**Servis modela podataka** ne čuva podatke u **Pametnom kešu**, stoga taj servis koristi mehanizam za generički pristup podacima. Zapravo, podacima, koje **Servis modela podataka** čuva u svojoj memoriji, se može pristupiti jedino pomoću **Servisa za generički pristup podacima**. Ovaj servis pruža mogućnost postavljanja upita koji su slični *SQL* upitima. Ti upiti se u pozadini prevode na upite srodne servisu, i vraćaju rezultat.

**Pametni keš** ima razvijen modul za korišćenje ovog servisa, tako da se podaci, koji se čuvaju u **Pametnim kešovima**, mogu dobiti i pomoću **Servisa za generički pristup podacima**.

## 2.3. Karakteristike CDHS-a

**CDHS** koristi mehanizam za objavljivanja-pretplaćivanja pomoću kojeg se čitaju podaci iz **Pametnih keševa**.

Prilikom pokretanja **CDHS**, iz konfiguracionog fajla se učitavaju parametri za konfigurisanje konekcije za pretplaćivanje na određene podatke. Na osnovu učitanih parametara kreira se lista servisa čiji podaci se mogu dobavljati pomoću mehanizma za objavljivanje-pretplaćivanje.

Za servise koji imaju više instanci **Pametnog keša**, kao što je **Servis za izvršavanje funkcija**, **CDHS** omogućava izbor jednog modela **Pametnog keša**. Da bi se dobili podaci koji su skladišteni u tom **Pametnom kešu**, potrebno je odabrati i određeni tip resursa.

Omogućeno je i filtriranje podataka prikazanih u tabeli sa podacima. Ukoliko se prikazuju podaci iz **Pametnog keša** podtipa **Stavka keš**, panel za filtriranje sadrži dodatna polja, koja su karakteristična samo za ovaj podtip **Pametnog keša**.

Za pojedine servise, **CDHS** pruža mogućnost izmene podataka u **Pametnim keševima**. Moguće operacije su dodavanje, izmena i unos. Panel za modifikaciju podataka se pojavljuje samo ukoliko postoji *plug-in* za izmenu podataka servisa čiji se podaci prikazuju.

## 2.4. Pregled nedostataka CDHS-a

**CDHS** je implementiran primenom *WPF* tehnologije. Korisnički interfejs je kreiran pomoću *XAML (Extensible Application Markup Language)*. U *XAML* fajlu je definisan raspored grafičkih elemenata (dugmadi, tabela, polja i slično), a u *code-behind* klasi su definisane akcije i

izvršeno povezivanje objekata sa grafičkim elementima koji su opisani u *XAML* fajlu [2].

U *CDHS*-u je cela logika i funkcionalnost smeštena u *code-behind* klasi. Ta klasa ima preko 2500 linija koda. Prilikom izvršavanje određenih funkcija, vrši se nepotrebno višestruko učitavanje većeg broja podataka, kao i kreiranje nepotrebnih lista i drugih objekata. Proširivanje tako implementirane aplikacije zahteva veliki napor, a kada su u pitanju složenije funkcije, proširivanje može da bude i neizvodljivo bez potpunog refaktorisanja koda. Ovakvom implementacijom se stvara zavisnost između korisničkog interfejsa i funkcionalnosti koje aplikacija pruža. Stoga izmene jednog od to dvoje uglavnom zahteva i izmene drugog. Zbog ove zavisnosti dolazi do problema prilikom testiranja, održavanja i razvoja softvera. Idealno bi bilo kada bi ta dva dela bila u potpunosti nezavisna i kada bi dizajneri i programeri mogli da rade na odvojenim modelima.

Što se tiče funkcionalnosti softvera, potrebno je uzeti u obzir da nemaju svi servisi **Pametni keš**, stoga ovaj softver ne podržava rad sa podacima svih servisa sistema.

**Servis modela podataka** ne čuva svoje podatke u **Pametnom kešu**, pa se podaci iz tog servisa ne mogu dobiti pomoću mehanizma objavljivanja-pretplaćivanja. Iz tog razloga je potrebno implementirati poseban modul za dobavljanje podataka pomoću drugog mehanizma koji je zasnovan na korišćenju generičkog pristupa podacima, odnosno na korišćenju **Servisa za generički pristup podacima**. Taj modul treba da omogući čitanje podataka svih servisa čije su lokalne memorije podžane ovim modulom. Da bi ovo bilo izvodljivo potrebno je redizajnirati *CDHS* sa ciljem povećanja njegove modularnosti.

### 3. OSOBINE MVVM OBRASCA

*MVVM* je arhitektonski dizajn obrazac koji se koristi u *Microsoft* tehnologijama. Osnovna prednost implementacije *MVVM* obrasca jeste razdvajanje softvera na komponente. Omogućena je nezavisna implementacija korisničkog interfejsa od poslovne logike aplikacije. Na taj način svaki modul tako razvijenog softvera može da ima posebne verzije, nezavisno od ostatka softvera[4].

*MVVM* obrazac se sastoji od 3 elementarna dela:

- *Model*
- *View*
- *ViewModel*

*View* deo predstavlja *UserControl XAML* dokument. Ovu kontrolu kreira programer i uglavnom je sačinjena od kombinacija drugih kontrola namenjenih za upotrebu u specifičnim situacijama. Preporuka je da *code-behind* klasa sadrži minimalan kod.

*ViewModel* predstavlja adapter klasu između *View* i *Model* dela. Implementira *INotifyPropertyChanged* interfejs pomoću kojeg se obaveštavaju povezani klijenti (*View* deo) da je vrednost atributa *ViewModel* klase izmenjena. Akcije se uglavnom implemetiraju pomoću *ICommand* interfejsa. Osluškuje događaje na nivou *Model* dela i reaguje na njih.

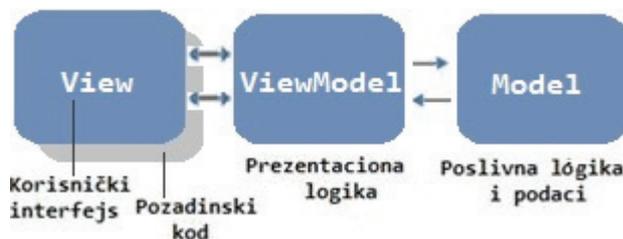
*Model* je deo koji obično postoji i bez *WPF* mehanizma, i odnosi se samo na podatke sa kojima softver radi. Koristi se uglavnom mehanizam baziran na događajima, da bi se *ViewModel* deo obavestio o promenama.

*MVVM* obrazac u kombinaciji sa obrascima podataka (*data templates*), komandama, povezivanjem podataka (*data binding*) stvara jednostavan i robusan okvir (*framework*) [3].

### 4. PRIMENA MVVM OBRASCA U REDIZAJNU CDHS-A

Dizajn obrasci i prednosti tehnologije mogu da igraju važnu i korisnu ulogu u pojednostavljenju, unapređivanju i povećanju iskoristivosti koda. *MVVM* obrazac kao osnova arhitekture *WPF* aplikacije rešava prethodno izložen probleme.

Stoga, *CDHS* je potrebno redizajnirati tako da arhitektura softvera sadrži tri dela: korisnički interfejs, klase koje definišu model podataka i osnovne funkcije za rukovanje podacima kao i deo koji se bavi vezama između prethodna dva dela. Navedena arhitektura *CDHS*-a sa tri dela je prikazana na slici 1.



Slika 1. *MVVM* arhitektura *CDHS*-a

Svaki pojedinačni modul *CDHS*-a treba da ima *View* i *ViewModel* deo, dok *Model* deo treba da bude isti za sve module *CDHS*-a.

#### 4.1. Model

Ukoliko uzmemo u obzir da *CDHS* treba da omogući visok stepen generičnosti, dolazimo do problema kada je u pitanju klasični pristup realizacije *Model* dela *MVVM* obrasca. Naime ova aplikacija treba da podrži više različitih skladišta podataka, **Pametnih keševa**, pri čemu je potrebno uzeti u obzir da može doći do izmene strukture tih **Pametnih keševa**, ili čak dodavanja novog **Pametnog keša**. Zbog prethodno navedenog nije praktično da se za svaki **Pametni keš** kreiraju klase koje će predstavljati *Model* klasu. Pored toga, u ovom *Model*-u se neće nalaziti logičke operacije za rukovanje podacima, jer su operacije, kao što su dodavanje, izmena i brisanje podataka iz **Pametnog keša**, u nadležnosti servisa kojima on pripada. Za te operacije je razvijen poseban modul koji koristi posebne dodatke (*plug-in*) za pozivanje tih operacija.

*CDHS*-u treba da omogući dva mehanizma za dobavljanje podataka. Oba mehanizma dobijaju podatke spakovane u određenim objektima, iz koji se podaci mogu dobiti kao niz objekata različitih primitivnih tipova. Kao *Model* deo, implementirana je jedna klasa *DataRepository*. Ta klasa sadrži liste nizova u kojima se čuvaju vrednosti podataka, i sadrži listu kodova, koji predstavljaju metapodatke podataka koji se čuvaju. U ovoj klasi su definisani i događaji koji obavestavaju osnovni prozor da je došlo do

određene promene i onda se vrši ažuriranje prikaza. *ViewModel* klasa osnovnog prozora sadrži jednu instancu *DataRepository* klase. *ViewModel* klase mehanizama za dobavljanje podataka kroz konstruktor dobijaju referencu na pomenutu instancu *DataRepository* klase, i sve dobavljene podatke dodaju u tu instancu, nakon čega se aktiviraju određeni događaji, i vrši se ažuriranje osnovnog prozora, odnosno podaci se dodaju u tabelu sa podacima.

#### 4.2. *ViewModel* i *View*

*ViewModel* je deo koji jedini ima predstavu o *Model* delu. *ViewModel* deo komunicira sa *View* delom putem *Binding*-a (povezivanje putem atributa) i putem *Command*-i. *View* i *ViewModel* delovi se mogu povezati pomoću atributa *DataContext* (*ViewModel* deo se postavlja kao kontekst koji se koristiti u određenom *View* delu) ili pomoću određenih *DataTemplate* [5].

Za svaku *ViewModel* klasu postoji odgovarajuća *View* klasa, odnosno *XAML* dokument.

*ViewModelBase* je korenska (bazna) klasa u hijerarhiji klasa *ViewModel* dela. Ona implementira *INotifyPropertyChanged* interfejs. On sadrži događaj pod nazivom *PropertyChanged*, koji obaveštava *WPF binding* sistem da je pristigla nova, promenjena, vrednost. *ViewModel* osnovnog prozora indirektno dodaje, odnosno menja *ViewModelBase* objekte koji se mapiraju na panel za mehanizam za dobavljanje podataka. U ovom slučaju, *View* delu se dodaje *ViewModelBase* objekat koji nije *UI* element tako da on nema podršku za prikazivanje. U *WPF*-u je unapred definisano da se objekti, koji nisu vizuelni, prikazuju kao tekst (*String*) koji vraća njihova metoda *ToString* [6]. Međutim, *DataTemplate*-i omogućavaju da se vrlo lako povežu *ViewModel* klase sa *View* klasama. Prilikom prikazivanja *ViewModel* objekata najpre se proverava da li su u odgovarajućoj klasi definisani *DataTemplate*-i pomoću koji se vrši mapiranje odedenog *ViewModel* objekta. Ukoliko se pronađe takav obrazac, onda se taj objekat povezuje sa odgovarajućim *View* objektom.

#### 4.3 Mehanizam za generički pristup

Da bi *CDHS* omogućio čitanje podataka iz lokalnih memorija svih servisa, implementiran je i mehanizam za dobavljanje podataka pomoću **Servisa za generički pristup podacima**. Odabirom stavke iz osnovnog menija bira se ovaj mehanizam za dobavljanje podataka. Nakon izbora, kreira se instanca *ViewModel* klase za ovaj mehanizam. U konstruktoru se prosleđuje referenca na instancu *DataRepository*-ja. Prikaz panela za taj mehanizam se automatski vrši, zahvaljujući *DataTemplate*-u. Ovaj mehanizam omogućava dva načina dobavljanja podataka. Moguće je dobavljati podatke na osnovu tipa resursa određenog servisa ili postavljanjem tačnog upita.

Prilikom izbora jednog od ponuđenih tipova resursa, poziva se metoda koja otvara kanal ka **Servisu za generički pristup podacima**. Potom se poziva odgovarajuća metoda tog servisa. Ta metoda vraća objekte iz kojih se uzimaju nizovi objekata. Ti nizovi se dodaju preko reference u *DataRepository*, pri čemu se aktiviraju određeni događaji .

Na sličan način se dobavljaju podaci i zadavanjem odgovarajućeg upita. Upit sintaksno liči na običan *SQL* upitu. Jedina razlika u odnosu na prethodni način dobavljanja podataka jeste to što se ovde poziva druga metoda **Servisa za generički pristup podacima**.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan jedan način redizajna softvera za rukovanje keširanim podacima. *WPF* tehnologija u kombinaciji sa određenim obrascima omogućila je laku i fleksibilni implementaciju *CDHS*-a. Primenom *MVVM* obrasca i prednosti *WPF* tehnologije, kod je organizovan tako da ga je lakše shvatiti i proširivati. Primenom *MVVM* obrasca olakšano je i testiranje softvera.

*CDHS* je izdvojen na više modula, čija implementacija je nezavisna. Izmena nekog od modula ne zahteva menjanje ostatka softvera, čime je olakšano održavanje softvera. Zahvaljujući takvoj arhitekturi, funkcionalnost softvera je proširena dodatnim modulom za dobavljanje podataka koji se čuvaju u lokalnim memorijama servisa. Pri tome, dodavanje tog modula nije zahtevalo nikakve izmene u ostatku softvera.

## 6. LITERATURA

[1] *Pro WPF in C# 2008, Windows Presentation Foundation with .NET 3.5, Matthew MacDonald*

[2] *Extensible Application Markup Language*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Extensible\\_Application\\_Markup\\_Language](http://en.wikipedia.org/wiki/Extensible_Application_Markup_Language)

[3] *Model View ViewModel pattern,*

<http://www.wpftutorial.net/MVVM.html>

[4] *Model View ViewModel,*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Model\\_View\\_ViewModel](http://en.wikipedia.org/wiki/Model_View_ViewModel)

[5] *Windows Presentation Foundation*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Windows\\_Presentation\\_Foundation](http://en.wikipedia.org/wiki/Windows_Presentation_Foundation)

[6] <http://wpftutorial.net/DataTemplates/>

### Kratka biografija:



**Biljana Knežević** rođena je u Tuzli 1988. god. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu je upisala 2007. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarske nauke i informatika odbranila je 2013. god.

**КОМПАРАЦИЈА НАЧИНА ПРОШИРЕЊА МОДУЛАРНИХ ДИСТРИБУИРАНИХ АПЛИКАЦИЈА****COMPARATION OF METHODS FOR DISTRIBUTED MODULAR APPLICATIONS EXTENSIONS**

Немања Милков, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

**Кратак садржај** – У овом раду описани су начини на које је могуће имплементирати проширења дистрибуиране апликације, креиране помоћу ASP.NET MVC framework-а. Сваки од ових начина захтева креирање архитектуре језгра апликације на себи својствен начин. Представљена је компарација коришћених решења и истакнуте су предности и мане сваког од њих.

**Abstract** – This paper describes the ways in which it is possible to implement the extensions for distributed applications, created by using the ASP.NET MVC framework. Each of these methods require the creation of architecture for the application core in its own specific way. Comparison of used solutions is presented, and advantages and disadvantages for each of them are highlighted.

**Кључне речи:** ASP.NET MVC, area, MEF, Orchard, плагин, модул, проширење.

**1. УВОД**

Архитектуре софтвера базиране на проширењу помоћу плагина представљају корак напред у еволуцији развоја софтвера. Коришћење плагина не само да омогућава фину грануларност софтвера на нивоу изворног кода, већ и у пост-компилационом периоду. Предности овакве архитектуре су лакше одржавање језгра апликације и паковање функционалности у одвојене целине.

Предност развоја софтвера овим приступом је и висок ниво флексибилности и проширивости апликације, јер се додавање нових функционалности врши без потребе за мењањем језгра апликације. С обзиром да проширење представља јасно дефинисану целину коју је потребно имплементирати, програмер има јасан фокус на задатак који је потребно да имплементира. Пошто се функционалности имплементирају као одвојене целине, модули могу бити развијани паралелно од стране различитих тимова.

**2. ОПИС РЕШАВАНОГ ПРОБЛЕМА****2.1. ASP.NET MVC**

ASP.NET MVC радни оквир представља радикалан

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Мирослав Хајдуковић, ред. проф.

заокрет за *web* девелопере који користе *Microsoft* платформу. Стављен је нагласак на јасно разумљиву архитектуру, коришћење дизајн шаблона и пружање уграђених механизма за тестирање. Овај радни оквир комбинује ефикасност и уредност програмирања коришћењем MVC архитектуре, узима у обзир најновије идеје и технике агилног програмирања као и најбоље особине већ постојеће ASP.NET платформе. Он представља комплетну алтернативу коришћењу традиционалне ASP.NET *WebForms* платформе, а предности су јасно уочљиве на средње и високо комплексним пројектима.

**2.1.1. Контролери и акције**

Контролер представља компоненту ASP.NET MVC радног оквира којој се прослеђује захтев који стигне апликацији. Контролер има слободу да рукује захтевом на њему прикладан начин, под условом да не залази у зоне одговорности које имају *Model* и *View*. Задатак класе контролера, која је изведена из *System.Web.Mvc.Controller* класе, је да имплементира акционе методе, да додави податке потребне за обраду примљеног захтева и да пружи одговарајући резултат као одговор.

**2.1.2. Рутирање и URL-ови**

За руковање URL-овима ASP.NET MVC радни оквир користи систем рутирања који омогућава креирање произвољних URL шаблона. Систем рутирања се заснива на коришћењу рута. Улога руте је да дефинише URL шему на нивоу апликације која представља сет URL-ова које ће апликација успети да препозна и адекватно реагује на њих. Није потребно уносити конкретне вредности URL-ова које апликација треба да препозна, већ свака рута садржи URL шаблон, који се пореди са долазећим URL-ом.

**2.1.3. Web странице (.aspx или .cshtml)**

Рутирање, контролери и акције представљају суштинске делове ASP.NET MVC радног оквира. Међутим, поред тих компоненти потребно је произвести HTML као повратну вредност кориснику апликације. ASP.NET MVC радни оквир пружа уграђени *WebForms View Engine*, као и *Razor View Engine* који представља компоненту за рендеровање *web* страница. Странице у оквиру ове компоненте заправо представљају HTML шаблоне. Једини начин

на који ове странице добијају податке јесте преко контролера и странице не могу да обављају никакву другу функцију сем да генеришу обичан HTML код.

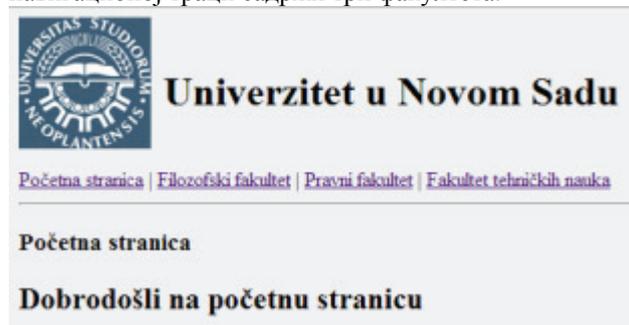
## 2.2. Изградња проширења апликације

Један од начина спровођења ефикасног начина развоја апликације јесте креирање језгра апликације које је оспособљено да прихвата и интегрише проширења у себе. Та проширења могу да се развијају независно, истовремено и од стране различитих тимова. Апликација тада представља скуп проширења која извршавају задатке који су стављени пред апликацију. Компоненте, које у општем случају проширење треба да садржи у оквиру ASP.NET MVC *web* апликације како би представљало заокружену логичку и функционалну целину, су претходно описане компоненте ASP.NET MVC радног оквира:

- Контролери и акције,
- Регистровање рута,
- *Web* странице.

Свако проширење на овај начин поседује основну структуру ASP.NET MVC пројекта која је довољна за изградњу функционалности, независних од језгра апликације. Битно је напоменути да, осим издвајања функционалности у модуле, треба решити и проблем касније интеграције модула у главну апликацију.

На слици 2.1. приказана је тест апликација која у навигационој траци садржи три факултета.



Слика 2.1. Приказ тест апликације

Након клика на неки од факултета у навигационој траци приказује се страница са информацијама о изабраном факултету. На примеру ове тест апликације су описани начини на које је могуће извршити њено проширење, без потребе за изменом апликације. Циљ који се жели постићи јесте додавање новог факултета који представља проширење. Потребно је да проширење поседује сопствени контролер, *web* страницу и регистровање рута. Након додавања проширења и поновног покретања апликације, жељени резултат је да се нови факултет дода у навигациону траку. Језгро апликације у овом поступку дакле не сме да се мења.

## 3. ОПИС РЕШЕЊА ПРОБЛЕМА

### 3.1. Коришћење *Area* као посебних пројеката

Почевши од ASP.NET MVC 2 радног оквира понуђена је могућност организовања апликације у области, односно *areas*, где свака област садржи сопствене

контролере, странице и моделе. Идеја је била да свака област буде један функционални сегмент апликације (администрација, извештавање, корисничка подршка...). Ово је изузетно zgodno за велике апликације, где није практично да се у једном сету директоријума смештају сви контролери, *web* странице и модели. Свака *area* садржи сопствену одвојену структуру, па је јасно очљиво на који начин се њени контролери, странице и модели односе на одређену функционалност апликације [1].

Због овога могуће је имплементирати механизам проширивости ASP.NET MVC апликације на специјалан начин. Због структуре MVC *area*-е, као и поседовања сопственог система рутирања, могуће је креирати MVC пројекат независан од главног пројекта који ће имати исту структуру и понашати се као MVC *area* након интеграције његовог DLL фајла у тест апликацију.

Како би апликација била свесна постојања овако креиране *area*-е, потребно је да постоји референца на њен пројекат. Такође, потребно је креирати референцу на *web* странице које припадају екстерној *area*-и у оквиру IIS виртуелног директоријума.

Када су апликација и проширења спремни за експлоатацију, уместо додавања референце на пројекат који представља екстерну *area*-у, реализован је механизам где је довољно копирати DLL фајл и припадајуће *web* странице, које ће се, након рестарта IIS сервера, учитати у апликацију у *runtime*-у.

Како би се добила имена екстерних *area* које је потребно сместити у навигациону траку, врши се претрага листе учитаних DLL фајлова у апликацију. Уколико се том приликом пронађе DLL фајл који у називу садржи реч "*plugin*", врши се инстанцирање регистрационе класе која наслеђује *AreaRegistration* класу и из ње се добију називи *area*-е и факултета, потребних за креирање линка.

### 3.2. Коришћење MEF-a

MEF представља једноставно решење за креирање проширивих апликација. Изградња проширивих апликација традиционално подразумева пројектовање архитектуре апликације која треба да подржи такав приступ развоја софтвера. Најчешћа решења доводе то тога да апликација нема могућност да сама открије проширујуће компоненте које треба да укључи, те је потребно експлицитно навести које компоненте треба да се прочитају.

Уместо експлицитног навођења компоненти које апликација треба да користи, MEF пружа механизам имплицитног откривања компоненти. MEF компоненте се у оквиру апликације откривају у *runtime*-у, што значи да апликација користи компоненте без међусобне снажне зависности путем референци или путем коришћења конфигурационих фајлова.

Проширења у MEF-у се називају композитни делови (*ComposableParts*). Композитни део пружа један или више експорта (*Exports*) и може да зависи од једног или више других композитних делова (*Imports*). Сваки експорт и импорт поседује уговор (*Contract*). Уговори представљају везу између експорта и

импорта. MEF контејнер садржи све доступне копитивне делове и врши композицију, тј. повезивање одговарајућих експорта и импорта. Како би контејнер открио све доступне копитивне делове, он у ту сврху користи каталог. Он представља објекат који омогућава откривање копитивних делова из неког извора, као што је DLL фајл или директоријум.

Како би се тест апликација проширила помоћу MEF-а, потребно је креирати *Class Library* пројекат који ће садржати копитивне делове који чине проширење. Поменути копитивни делови су у овом случају контролери. Сваки контролер имплементира једноставан интерфејс. Он дефинише методу која као повратну вредност враћа колекцију рута које се односе на проширење, а које ће бити интегрисане у систем рутирања тест апликације. У контролеру је такође дефинисана *Index* метода. Она је задужена за приказивање *web* странице са дефинисане путање која садржи информације о факултету.

Како би апликација учитала проширење, дефинише се локација на диску на коју ће се копирати DLL фајлови проширујућих пројеката. Након тога се у апликацији инстанцирају MEF каталог који претражује дату локацију и MEF контејнер који на основу каталога креира копитивне делове и смешта их у своју структуру [2]. Затим се из MEF контејнера преузимају екстерни контролери и смештају у *Unity* контејнер, а приликом овог процеса се из сваког контролера преузима листа рута и смешта у систем рутирања апликације.

Завршни део представља коришћење овако добијених контролера од стране апликације. Пошто ASP.NET MVC радни оквир поседује *ControllerFactory* класу која на пристигли URL креира контролер, потребно је редефинисати њену методу задужену за овај поступак. Врши се провера да ли се контролер налази у оквиру апликације, и уколико не, проверава се *Unity* контејнер. На овај начин ће класа која редефинише *ControllerFactory* вратити жељени контролер.

Приликом смештања контролера у *Unity* контејнер такође је извршено смештање информација о сваком контролеру у привремену структуру, на основу којих ће се извршити креирање линкова у навигационој траци.

### 3.3. Orchard project

*Orchard project* представља *opensource* CMS радни оквир написан за ASP.NET платформу. Његова употреба се, поред креирања проширивих ASP.NET MVC *web* апликација, фокусира и на креирање поново употребљивих компоненти које се користе за изградњу *web* апликација и екстензија. Креиран као ASP.NET MVC 3 *web* апликација. Он користи *Razor* шаблон за приказивање *web* страница и *SQL Server Compact* за складиштење података.

*Orchard* апликација се иницијално састоји од великог броја модула. Додавањем нових, или уклањањем постојећих, врши се промена функционалности које пружа апликација.

За креирање новог модула задужен је *CodeGeneration* модул. Извршавањем команде *codegen module imeModula* из *command prompt*-а врши се додавање

новог модула у структуру *Orchard* апликације. Након тога, како би модул био функционалан, потребно му је додати одговарајући контролер, *web* страницу и руту, преко које ће бити доступан у оквиру апликације. Интеграција у апликацију се врши помоћу команде *feature enable imeModula*.

Како би модул био додат у навигациону траку, потребно је у оквиру модула додати *MainMenu* класу. Она имплементира *IMenuProvider* интерфејс, који је део радног оквира. *Orchard* ће приликом стартовања апликације детектовати присуство ове класе и на основу пружених података ће се модул сместити у навигациону траку.

*Orchard* радни оквир има могућност да детектује промене на изворном коду и, уколико до промене дође, врши се рекомпајлирање апликације у *runtime*-у [3].

## 4. КОМПАРАЦИЈА КОРИШЋЕНИХ РЕШЕЊА

Проширења креирана на представљене начине имају заједничку особину да поседују контролере, *web* странице и засебан систем рутирања који се интегрише у језгро главне апликације. Међутим, начин на који је имплементирано свако од посматраних решења се у својој основи врло разликује.

Увођење *area* у ASP.NET MVC радни оквир је имало за циљ да подели апликацију на функционалне сегменте. Сваки сегмент представља заокружену логичку целину и има надлежност над својим скупом функција које пружа. Иако је у раду представљен начин на који је могуће креирати екстерну MVC *area*-у која ће се накнадно у *runtime*-у интегрисати у апликацију, овакав приступ проширења апликације није званично подржан од стране ASP.NET MVC радног оквира. Овај приступ је погодан за једноставније апликације са нижим степеном комплексности.

Са друге стране, MEF представља средство чија је једина намена проширење, не само ASP.NET MVC *web* апликације, већ било које апликације креиране за .NET платформу. Овај начин проширења је директно подржан од стране компаније *Microsoft* и због тога MEF представља боље решење у односу на коришћење екстерних *area*. Коришћењем параметризованог *export* атрибута, који се додаје свакој класи која ће се наћи у проширењу, постиже се висок ниво контроле и манипулације над копитивним елементима.

Иако се *Orchard* апликација у својој основи базира на механизмима које нуди ASP.NET MVC радни оквир, она не представља типичну апликацију ове врсте. Приликом креирања *Orchard project*-а било је потребно увести додатни слој индирекције који се ослања на ASP.NET MVC механизме, а који са друге стране омогућава коришћење *Orchard* концепата. Због овога, проширења креирана за *Orchard* апликацију нису применљива на типичне ASP.NET MVC *web* апликације, за разлику од екстерних *area* и MEF-а.

Од представљених начина проширења, коришћење екстерних *area* представља најједноставније решење,

али се не предлаже за апликације веће сложености које захтевају да проширења буду флексибилна.

Са друге стране, коришћењем MEF-а се уводи знатно више контроле у процес проширења апликације. У овом случају се плагин не региструје у апликацији као MVC *area*, већ се на сваки елемент проширења гледа као на посебан композитни елемент, којим се манипулише на основу *export* атрибута.

Проширење *Orchard* апликације је изузетно једноставно, јер је његов радни оквир креиран да обезбеди висок степен проширивости. Међутим, да би апликација могла да се прошири на овакав начин, мора бити креирана коришћењем *Orchard* радног оквира.

## 5. ЗАКЉУЧАК

У овом раду су на примеру дистрибуиране апликације, креиране коришћењем ASP.NET MVC приступа, приказана три начина за њено проширење. Описани су главни елементи који чине једну ASP.NET MVC апликацију.

Прва два начина, коришћена у циљу проширења апликације, су уз измене, приказане у овом раду, применљива на било коју ASP.NET MVC *web* апликацију, док трећи начин представља самостално *opensource* решење за креирање модуларних апликација са високим степеном проширивости.

Коришћење MVC *area* као посебних пројеката представља најједноставнији начин за проширење апликације. Оне нису креиране као саставни део апликације већ одвојено у засебним пројектима, а језгро апликације потом има могућност да прочита *area*-е које су јој достављене.

MEF представља софистициранији начин проширења апликације. Развијен је од стране *Microsoft* компаније специјално за потребе проширења не само *web* већ и других апликација и чини саставни део .NET *Framework-a 4.0*. Коришћењем мета података, свака класа у проширењу постаје засебни композитни елемент који апликација користи на дефинисан одговарајући начин. Ово омогућава висок ниво флексибилности.

*Orchard project* представља *opensource* CSM радни оквир који у својој основи користи механизме ASP.NET MVC платформе. Креирање апликације његовим коришћењем се своди на креирање скупа модула и њихово склапање у контејнерску целину. *Orchard* је намењен да пружи висок ниво проширивости, уз лакоћу коришћења.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Professional ASP.NET MVC 3.pdf*
- [2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Managed\\_Extensibility\\_Framework](http://en.wikipedia.org/wiki/Managed_Extensibility_Framework)
- [3] <http://docs.orchardproject.net>

### Кратка биографија:



**Немања Милков** рођен је у Новом Саду 1987. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства - Примењене рачунарске науке и информатика одбранио је 2013. год.



RAZVOJ PODSISTEMA FINANSIJSKOG POSLOVANJA – MODELOVANJE VEZA  
IZLAZNIH FAKTURA I AVANSNIH RAČUNA

A DEVELOPMENT OF A SUBSYSTEM OF FINANCES – MODELING THE  
RELATIONSHIP BETWEEN OUTPUT INVOICES AND ADVANCE BILLS

Duško Pavlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu predstavljen je postupak razvoja dela funkcionalnosti softverskog paketa za podršku finansijskog poslovanja FIPOS, koji se bavi fakturama i njihovom vezom sa avansnim računima. U ovom radu je prikazana globalna arhitektura podsistema FIPOS i korisnički zahtev za razvoj faktura i njihovo povezivanje sa avansnim računima.

**Abstract** – In this paper we present the process of development of a Subsystem of Finances – Modeling the Relationship between Invoices and Advance Bills. We present the FIPOS subsystem and a user requirement for developing Invoices and relationship between Invoices and Advance Bills.

**Ključne reči:** Modelovanje informacionih sistema; Fature; Avansni računi;

## 1. UVOD

U ovom radu je prikazan postupak razvoja dela funkcionalnosti softverskog paketa FIPOS, koji se bavi fakturama i njihovom vezom sa avansnim računima. Informacioni podsistem FIPOS razvija informatičko društvo Energsoft AD za potrebe svojih dosadašnjih i budućih klijenata. Oblast finansijskog poslovanja zahteva da informacioni podsistem FIPOS obuhvata 4 celine:

- jedinstvene šifarnike,
- evidencije knjigovodstvenih dokumenata,
- obrade i
- izveštavanje po ciljnim subjektima.

Korisničkim zahtevom definisane su željene funkcionalnosti koje informacioni podsistem FIPOS treba da ima. Rešavanje zahteva tražilo je da se obavi analiziranje problema definisanih u zahtevu, detaljno planiranje realizacije problema, izmenu postojećeg modela baze podataka, izradu novih funkcionalnosti aplikacije, testiranje realizovanog rešenja i uvođenje u upotrebu. U daljem razvoju informacionog sistema ovo rešenje može da se iskoristi kao osnova za izgradnju neke sledeće verzije, shodno iskustvima stečenim tokom razvoja.

## 2. RAZVOJ SOFTVERA

Životni ciklus razvoja informacionog sistema (*eng. System Development Life Cycle*) predstavlja proces kroz koji stručnjaci različitih profila (analitičari, projektanti, inženjeri, programeri) i budućí korisnici informacionog

sistema razvijaju informacioni sistem. Način upravljanja fazama životnog ciklusa određuje se izborom modela životnog ciklusa.

Za ovaj projekat odabran je inkrementalni model koji predstavlja kombinaciju klasičnog modela životnog ciklusa sa iterativnim mogućnostima razvoja. Izbor ovakvog modela omogućio je razvojnom timu da prvobitno razvije početni skup funkcionalnosti, a potom da sukcesivnim koracima razvija, kao nadogradnju prethodnog koraka, nove i menja postojeće funkcionalnosti koje su se pojavljivale kroz nove korisničke zahteve.

## 3. PODSISTEM FIPOS

Podsistem FIPOS (Finansijako POSlovanje) je jedan od sastavnih modula informacionog sistema SPA (Sistem Poslovnih Aplikacija), koji se bavi oblašću praćenja i upravljanja finansijskim poslovanjem. Podsistem FIPOS, kao deo SPA, podrazumevano podržava troslojnu arhitekturu koju čine 3 komponente:

- izvor podataka (baza podataka) – namenjena za skladištenje potrebnih podataka,
- aplikativni server (poslovni sloj) – deo arhitekture koji sadrži poslovnu logiku i
- klijent (prezentacioni sloj) – obuhvata Internet pretraživač putem koga se pokreće i koristi aplikacija.

Za potrebe razvoja i održavanja, sve promene izvršene nad aplikacijom u vidu izmene postojećih ili dodavanja novih formi, moraju da se povežu sa do tada urađenom aplikacijom. To se postiže uz pomoć pozadinske aplikacije, čija je svrha da izvršne verzije formi povezuje sa stavkama menija, putem koga se ekranske forme pozivaju u radu korisnika nad aplikacijom. Pozadinska aplikacija se takođe koristi za definisanje prava pristupa, odnosno svakoj formi je neophodno dodeliti tip/tipove korisnika koji imaju prava da joj pristupe.

## 4. ZAHTEV ZA RAZVOJ FAKTURA I NJIHOVO POVEZIVANJE SA AVANSNIM RAČUNIMA

Korisnički zahtev za izradu faktura i njihovih veza sa avansnim računima, kao dela funkcionalnosti FIPOS podsistema, nastaje iz potreba finansijskog poslovanja klijentske kompanije i želje za integrisanim celokupnim informacionim sistemom, čijim se rešavanjem znatno olakšava, ubrzava i umanjuje dosadašnji posao korisnicima aplikacije. Fature su dokumenti koji prate promet robe i usluga u smeru od prodavca do kupca i predstavljaju materijalni dokaz o obavljenoj trgovini.

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Luković, red.prof.

Korisnički zahtevi	Tehnički zahtevi
Unos i čuvanje podataka o fakturi u informacionom sistemu.	Realizacije ekranske forme putem koje će se unositi fakture u bazu podataka.
Definisati vezu sa avansnim računima.	Izmeniti postojeću šemu baze dodavanjem objekata koji će čuvati podatke o povezanim fakturama i avansnim računima. U okviru forme za unos fakture, realizovati funkcionalnost za pozivanje forme za učitavanje spojnih dokumenata (avansnih računa).
Overa unesene fakture (zaključivanje).	Realizacija funkcije overe fakture na formi za unos.
Pregled i analiza unetih faktura.	Realizacija ekranske forme koja omogućava pregled višestrukih dokumenata u tabelarnom obliku. Realizacija forme koja omogućava detaljan pregled pojedinačnih dokumenata.
Štampa fakture u pojedinačnom obliku u različitim formatima.	Realizovati funkciju koja omogućava korisniku štampanje izabranog dokumenta na definisanom obrascu u odabranom formatu. Funkciju štampanja u <b>MS Office Word</b> formatu realizovati na svim ekranskim formama.
Štampa fakture u masovnom obliku u različitim formatima.	Realizovati funkciju koja omogućava korisniku štampanje izabranih dokumenata na definisanom obrascu u odabranom formatu. Funkciju štampanja u <b>PDF</b> formatu realizovati na ekranskim formama za evidentiranje broja arhive, promeni cene i overi automatski formiranih fakture i formi za kopiranje fakture.
Formiranje novih na bazi prethodno unetih faktura – kopiranje.	Realizovati ekransku formu koja omogućava korisniku da formira nove fakture kopiranjem vrednosti postojećih overenih fakture.
Naknadno evidentiranje broja arhive na fakturi.	Realizovati ekransku formu koja omogućava korisniku da na overene fakture unese broj arhive.
Izmena cena i masovna overa automatski formiranih dokumenata.	Realizovati ekransku formu koja korisniku omogućava promenu cena na stavkama fakture nastalih kopiranjem overenih i masovnu overu odabranih fakture.
Formiranje storno dokumenata.	Realizovati funkciju koja omogućava storniranje overenih dokumenata sa greškom, odnosno formiranje storno dokumenta koji ima identičan sadržaj kao i dokument sa greškom.

Tabela 3.1 – Tehnički i korisnički zahtevi

Na osnovu njih, kompanije koje su izdale fakturu tj. račun imaju zakonsko pravo da potražuju sumu novca naznačenu na fakturi za isporučene usluge ili robu od kupca koji je učestvovao u transakciji. Uz to, neophodno je uvažiti avansno uplaćene sume novca za datu transakciju, radi izmene ukupnog iznosa koji će se potraživati na fakturi, u skladu sa pozitivnom pravnom regulativom.

Utvrđeni pojedinačni zahtevi sumarno predstavljaju objedinjen zahtev za izradu funkcionalnosti koje pokrivaju oblast fakture i njihovu vezu sa avansnim računima (tabela 3.1).

Dosadašnja verzija podsistema FIPOS nije podržavala rad sa fakturama, niti njihovu vezu sa avansnim računima. Sa druge strane implementacija zahtevanih funkcionalnosti bi u značajnoj meri doprinela boljem internom poslovanju kompanije. Koristeći se interfejsom aplikacije korisnici bi mogli da vrše operacije unosa, izmene, brisanja, kao i pregleda podataka već unetih faktura. Operacije masovne i pojedinačne štampe, u različitim formatima, takođe bi bile podržane podsistemom FIPOS. Potreba za formiranjem novih fakture kopiranjem postojećih, sa mogućnošću izmene određenih podataka, javlja se kao značajan zahtev usled potrebe za periodičnim izdavanjem fakture npr. na

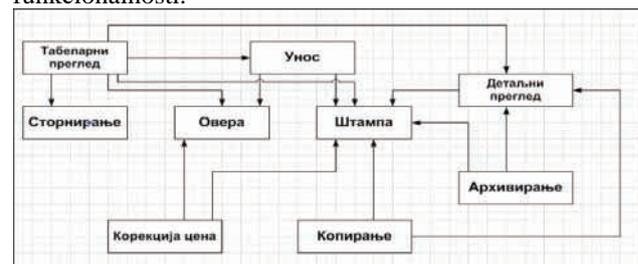
mesečnom nivou, stalnoj klijenteli sa skoro identičnim sadržajem. Takva funkcionalnost znatno smanjuje vreme i količinu uloženog truda i ubrzava posao službenih lica koja rade sa fakturama. Vezu sa avansnim računima je još jedna prednost koja bitno olakšava posao, jer omogućava pristup podacima o avansnim uplatama, kada oni postoje. Ti podaci se moraju uzeti u obzir prilikom formiranja fakture.

## 5. PROCES RAZVOJA REŠENJA

Ankete, sastanci, intervjui, uvid u radni proces, jesu tehnike koje se koriste u snimanju, analizi i projektovanju

specifikacija korisničkih zahteva. Komunikacija s korisnicima rezultuje u specifikaciji korisničkih zahteva. Specifikacije tih zahteva u postupku razvoja softvera, mogu se koristiti u daljoj komunikaciji korisnik – razvojni tim. Korisnik ili informatički inženjer putem korisničkog zahteva definiše funkcionalnosti koje informacioni sistem treba da sadrži. Analizom korisničkih zahteva, koja prethodi realizaciji, utvrđuju se kako će realizacija uticati na informacioni sistem koji je u razvoju i određuju se tehnički zahtevi.

Potrebno je bilo uočiti da li, i koliki procenat, zahtevanih funkcionalnosti može da se realizuje bez menjanja šeme baze podataka, nad kojom radi postojeća verzija podsistema FIPOS. Zatim, ako je potrebno, koje sve izmene treba izvesti nad šemom baze podataka. Definisati potreban broj ekranskih formi. Pored toga nove ekranske forme su morale dimenzijama i izgledom (npr. bojama i rasporedom polja) da odgovaraju uspostavljenom šablonu koji se koristi u SPA informacionom sistemu. U skladu sa posmatranim činiocima definisani su pojedinačni tehnički i korisnički zahtevi, koji su uporedo prikazani kroz tabelu 3.1. Slike 3.1 i 3.2 prikazuju konceptualni model funkcionalnosti koje treba da se realizuju kroz aplikativno rešenje i hijerarhijsku dekompoziciju zahtevanih funkcionalnosti.



Slika 3.1 – Konceptualni model procesa softverskog rešenja

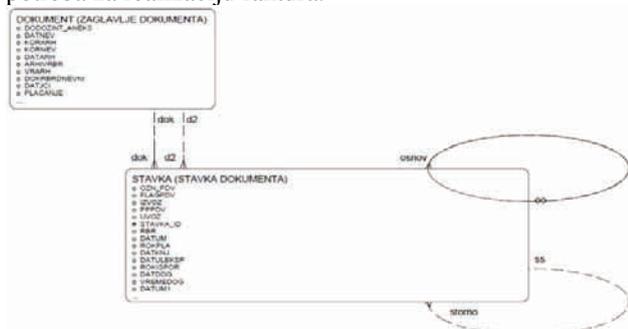


Slika 3.2 – Hijerarhijska dekompozicija zahtevanih funkcionalnosti

## 6. TIPOVI ENTITETA „DOKUMENT“ I „STAVKA“

Fakturu čini zaglavlje koje nosi centralni deo podataka vezan za plaćanje, kupca, avans i osnovne podatke o samom dokumentu, i stavke fakture koje definišu podatke vezane za prodane proizvode ili usluge. Kompletan i sravnjen dokument koji sadrži makar jednu stavku, može da se overi i tako predstavlja dokument na osnovu kojeg se potražuje novac za pružene usluge ili prodane proizvode.

Tip entiteta DOKUMENT jedan je od 2 osnovna tipa entiteta na kojima se zasnivaju fakture. Sadrži podatke koji predstavljaju zaglavlje fakture, shodno korisničkim zahtevima. Tabela STAVKA predstavlja drugi osnovni tip entiteta fakture i sadrži podatke koji predstavljaju stavke na fakturama. Tabele DOKUMENT i STAVKA međusobno su povezane čime je zaokružena osnovna potreba za realizaciju fakture.



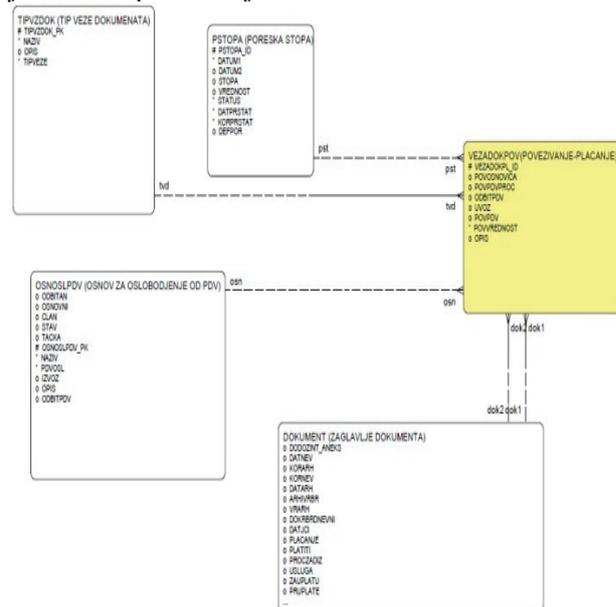
Slika 3.3 – Deo konceptualnog modela šeme baze podataka - tabele Dokument i Stavka

## 7. VEZA FAKTURA I AVANSNIH RAČUNA

Pojam avansnog plaćanja možemo definisati kao plaćanje unapred, pre isporuke traženih proizvoda odnosno usluga, a čini deo ili ukupno potraživanje/obavezu u poslovnom odnosu koji će nastati u budućnosti. I za avansne račune kao i za račune (po izvršenoj usluzi/isporučenoj robi), računa se PDV (porez na dodatu vrednost) po određenoj stopi PDV-a. Neophodno je umanjiti ukupnu sumu novca na fakturi za vrednost avansnog računa, s tim da je neophodno voditi računa o tome da se prilikom umanjjenja povezuju iznosi koji su računati po istim PDV stopama.

Tabela VEZADOKPOV predstavlja centralni element veze faktura sa avansnim računima. Fakturu i avansni račun predstavljaju tabela DOKUMENT kao glavna tabela i tabela STAVKA kao pomoćna. Taj odnos predstavljen je na slici 3.4 vezama DOK1 i DOK2. Na slici 3.4 prikazan je deo konceptualnog modela šeme baze

podataka koji modeluje vezu faktura i avansnih računa. Ni u kom slučaju ne sme se dozvoliti da suma avansnog računa bude veća od ukupne sume fakture. Maksimalna vrednost iznosa koju avansni račun može da sadrži, može da odgovara ukupnom iznosu fakture ili da bude manja od nje. Najjednostavniji način da se dođe do potrebnih podataka o vrednosti avansnog računa koja je povezana na fakturu i preostaloj vrednosti koja je ostala za povezivanje je putem materijalizovanih pogleda. Iz toga razloga nastali su materijalizovani pogledi IFA\_POV\_OSNOV i IFA\_POV\_OSTATAK. Ova dva pogleda sadrže podatke o iznosu koji je povezan na određenu fakturu za odbranu analitiku i sumi novca koja je ostala za povezivanje.



Slika 3.4 – Konceptualni model dela šeme baze podataka – model veze fakture i avansnih računa

## 8. IMPLEMENTACIJA

Proces implementacije programskog rešenja počeo je stvaranjem prvobitnog rešenja na testnoj bazi podataka i proširenje do tada realizovanog testnog programskog rešenja. Na ovaj način svi nedostaci koji nastanu u toku razvoja neće uticati na produkcionu bazu. Tek kada se utvrdi da su nove funkcionalnosti potpuno operativne, biće izvršena njihova propagacija na produkcionu bazu. Više o bazama podataka možete pročitati u radu [1]. Iskorišćene su postojeće tabele DOKUMENT i STAVKA kao osnov za realizaciju fakture. Kreiranjem tabele VEZADOKPOV učinjen je prvi korak u izmeni modela baze podataka, kao i kreiranjem materijalizovanih pogleda IFA\_POV\_OSNOV i IFA\_POV\_OSTATAK. Tabele TIPVZDOK, PSTOPA i OSNOSLPDV koje su već postojale u šemi baze podataka iskorišćene su kroz vezu sa tabelom VEZADOKPOV.

Svaka od formi daje korisniku mogućnost pojedinačne štampe.

Korisnik preko forme za unos vrši operacije unosa, izmene podataka vezanih za fakture, kao i overu faktura i pojedinačna štampa. Takođe pristupa podacima sa avansnih računa i povezuje ih sa fakturama.

Forma za tabelarni pregled daje korisniku uvid u sve fakture nastale u okviru tekuće poslovne godine.

Prikazane su tabelarno, odnosno u obliku liste prikazujući ključne podatke koji jednoznačno definišu svaku fakturu. Ekranjska forma za detaljan pregled faktura, izgledom je gotovo identična formi za unos, s tim da je onemogućen bilo kakav dalji rad nad podacima. Svrha ove forme je da omogući prikaz svih podataka unetih kroz formu za unos u potpuno identičnom izdanju, kao i pojedinačnu štampu. Ekranjska forma za kopiranje faktura nudi korisniku mogućnost stvaranja novih faktura sa statusom „Otvorena“ na osnovu postojećih overenih faktura koje se nalaze u bazi podataka.

Ukoliko je došlo do promene cena u odnosu na cene stavki sa faktura koje su poslužile kao osnova za kopiranje, forma za korekciju cena omogućava korisniku da izvrši promenu cena po izabranim stavkama, što će kasnije uticati na ukupan iznos novoformirane fakture. Forma za korekciju cena takođe pruža mogućnost masovne štampe faktura.

Forma za arhiviranje faktura daje korisniku mogućnost unosa arhivskog broja nakon overe fakture.

## 9. TESTIRANJE I UVOĐENJE U UPOTREBU

Vodeći se internom politikom akcionarskog društva Energosoft koje je bilo zaduženo za razvoj ovog projekta, svi informacioni sistemi prvobitno se realizuju nad testnom bazom od strane razvojnog tima. Naredni korak bio je testiranje od strane korisnika u realnim uslovima. Ispitivanje funkcionalnosti modula i pronalaženje mogućih grešaka izvršeno je kroz proces implementacije pojedinačnih modula podsistema FIPOS, primenjuvanjem tehnike crne kutije (eng. **Black Box Testing**). Proces internog testiranja tj. alfa testiranja (eng. **Alpha Testing**) nije u potpunosti merodavan jer se odvija u uslovima koji se u određenoj meri razlikuju od realnih. Kao dosta merodavniji način testiranja sprovedeno je spoljne, odnosno beta testiranje (eng. **Beta Testing**), koje podrazumeva testiranje softverskog rešenja u realnim uslovima. Testiranje sa korisnicima podeljeno je u više koraka sa namerom da se korisnici što pre dovedu u operativno stanje nad implementiranim rešenjem. Prvo je odrađena prezentacija svih mogućnosti koje softversko rešenje podržava i podeljena su im korisnička uputstva [2]. Potom je korisnicima omogućen rad nad aplikacijom, s tim da je svaki od korisnika uz sebe imao po jednog člana razvojnog tima, radi bržeg otklanjanja početnih nedoumica i nesigurnosti pri korišćenju aplikacije. Naredni korak testiranja organizovan je tako da je jedan član razvojnog tima bio zadužen za nadgledanje grupe korisnika. Kako su korisnici u kratkom vremenskom periodu nastavili samostalno da koriste implementirano rešenje, odlučeno je da ostatak testiranja nastave bez prisustva razvojnog tima, sa mogućnošću da im se po potrebi obrate putem telefona ili elektronske pošte. Procesi alfa i beta testiranja opisani su u radu [3].

## 10. ZAKLJUČAK

Ovim radom predstavljen je proces razvoja dela podsistema FIPOS, namenjan za rad sa fakturama kroz njihovu integraciju sa avansnim računima. Potreba stvaranja integrisanog informacionog sistema koji u potpunosti raspolaže informacijama koje zadovoljavaju potrebe poslovanja klijentske kompanije, osnovni je motiv nastanka korisničkog zahteva za izradu dela

aplikacije koja se bavi fakturama i njihovom vezom sa avansnim računima.

Kao nedostatak javlja se nemogućnost integracije faktura sa ugovorima, što se sigurno u skorijoj budućnosti pojaviti kao korisnički zahtev usled ideje integracije celokupnog informacionog sistema.

**Toad for Oracle 9.0.1** je korišćen za izmenu postojećeg modela podataka nad bazom podataka **Oracle 10g**. Programsko rešenje je implementirano kroz **Design Editor** i **Oracle Reports Builder**. Uputstvo za korišćenje alata **Oracle Reports Builder** nalazi se u radu [4]. Deo realizacija štampe u **MS Office Word** formatu realizovan je kroz **MS Office Word** aplikaciju.

Primenjeni pristup **Beta** testiranju dao je kao rezultat to da su korisnici u izuzetno kratkom vremenskom periodu počeli samostalno da koriste aplikacije, što i jeste bio jedan od ciljeva. U daljem nastavku rada korisnici su istakli da su im ekranjske forme, koje su izgledom delimično podsećale na papirne obrasce nad kojima su radili u prošlosti, značajno olakšale pristup radu. Ovakav princip **Beta** testiranja i dizajniranja ekranjskih formi trebalo bi primenjivati i u daljoj saradnji sa aktuelnom klijentskom kompanijom.

Dalji pravci razvoja aplikacije za kojima bi se u skorijoj budućnosti stvorile potrebe su:

- faktura sa specifičnom namenom –moguće je da će se u budućnosti pojaviti slučaj kada će, zbog prirode poslovanja kompanija koje saraduju sa klijentskom kompanijom, nastati potreba za realizacijom fakture sa specifičnim odlikama koje mogu da odstupaju od standardnih.
- povezivanje faktura sa ugovorima – težnja ka integraciji celokupnog informacionog sistema, time i ugovora sa fakturama, ima za cilj bolju kontrolu nad podacima i time unapređenja poslovanja.

## 11. LITERATURA

[1] Mogin P, Luković I, „Principi baza podataka“, Univerzitet u Novom Sadu – Fakultet tehničkih nauka & MP „Stylos“, Novi Sad, Srbija, 1996.

[2] Finansijska operativa – fakture, korisničko uputstvo, interni dokument

[3] Vikipedija (**Wikipedia**) [http://en.wikipedia.org/wiki/Software\\_release\\_life\\_cycle](http://en.wikipedia.org/wiki/Software_release_life_cycle)

[4] Oracle Reports Tutrial, 10g Release 2 (10.1.2) Copyright © 2005, Oracle

### Kratka biografija:



**Duško Pavlović** rođen je u Valjevu 1988. god. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2007. god. Bečelorski rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika odbranio je 2011. god. Master rad iz iste oblasti odbranio je 2013. god.

**ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА И ТЕСТИРАЊЕ MRAC АЛГОРИТМА****IMPLEMENTATION AND TESTING MRAC ALGORITHM**

Мирко Цвијић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

**Кратак садржај** – У овом раду приказана је једна имплементација MRAC алгоритма који треба да обезбеди одговарајуће понашање управљаног система према референтном моделу система. Алгоритам управљања је тестиран и на симулацији система и на стварном систему у коме се управља сервоventилом и регулише притисак у систему. Циљ је показати резултате адаптивног управљања када су параметри модела система променљиви и упоредити их са резултатима PID регулатора. MRAC алгоритам треба да покаже прилагодљивост својих параметара према промени динамичке карактеристике система којим управља.

**Abstract** – This paper describes the implementation of an MRAC algorithm to ensure appropriate behavior on a controlled plant based on the reference model of the plant. The control algorithm is tested on a simulation of the real system and a system that is managed by servovalve that regulates the pressure in the system. The aim is to show the results of the adaptive control when the system model has variable parameters and to compare them with the results of the PID controller. MRAC algorithm needs to demonstrate the scalability of the parameters according to the change of dynamic characteristics of the system it manages.

**Кључне речи:** Адаптивно управљање, MRAC алгоритам, идентификација система, симулација у реалном времену.

**1. УВОД**

Данас аутоматизација представља неопходан фактор у свим гранама индустрије. Омогућава продуктивнију и квалитетнију производњу, а велику улогу има и у уштеди енергије. Пројектовање оваквих система захтева детаљне анализе и експериментисање у циљу побољшавања перформанси система и радни век управљачких уређаја. Имајући у виду могућност хаварије и дуготрајне процесе које срећемо у пракси, као најбоља платформа за испитивање перформанси и уопште пројектовање система, намеће се софтверско решење у виду модела система. У општем случају, модели система се класификују по неколико правила, а модел који осликава наш систем јесте модел првог реда са једним улазом и једним излазом. Оно што је данас велика предност јесте развијени софтверски

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Зоран Јеличић, ред.проф.

алат који обезбеђује постизање лаке и брзе адаптивности система према технолошким и производним захтевима. Уколико су нам сви параметри модела познати, у могућности смо користити конвенционалне стратегије управљања чије пројектовање не захтева много времена и релативно се лако имплементира. Међутим, уколико се вредности параметара, који описују наш модел система, мењају током времена, морамо применити неке напредније стратегије управљања које спадају у адаптивно управљање. Оно чему ћемо посветити пажњу јесте MRAC (енг. Model Reference Adaptive Control) регулатор који је способен управљати системима без познавања параметара модела и који прати промене параметара система и тако коригује управљање и омогућава нам да се наш систем понаша на предходно дефинисан начин.

**2. ОПИС ЛАБОРАТОРИЈСКОГ ПОСТРОЈЕЊА****2.1 PLC**

National Instruments cRIO-9024 контролер, који ради у реалном времену, део је NI CompactRIO програмабилних контролера високих преформанси за аутоматизацију. Поседује индустријски Freescale процесор, који ради фреквенцијом 800MHz. Користи се за апликације које се извршавају у реалном времену и поседује 512MB DDR2 RAM и 4GB трајног меморијског простора за одржавање програма и евидентираних података. Састоји се од следећих компоненти: real-time контролера, брзе магистрале, реконфигурабилног FPGA и индустријских улазно-излазних модула. Контролер cRIO-9024 користи NI LabVIEW Real-Time Module. Поседује два Ethernet порта, који се могу користити за обављање програмске комуникације преко мреже и уграђене WEB (HTTP) и фајл (FTP) сервере. Као могућности додатног проширења меморијског простора, cRIO-9024 има High Speed USB порт помоћу ког се може повезати екстерни USB медијум за трајно чување података.

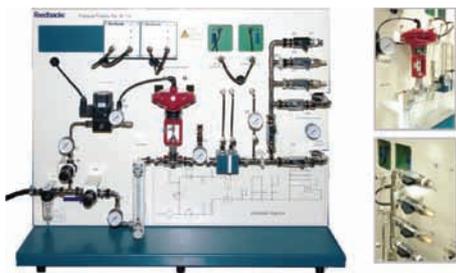
**2.2 LabVIEW**

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench), софтверски пакет фирме National Instruments, је графички оријентисан програмски језик који користи блокове уместо текст за креирање апликација. Програми у LabVIEW-у се називају виртуелни инструменти и обележавају се са VI. Сваки испрограмирани VI може да се користи као потпрограм (subVI) у неком другом VI. Део LabVIEW кода се одвија на PC-у, а други на PLC-у. Веза између њих се успоставља помоћу посебних променљивих,

*single process-RT* и *network published*. Програм на PC-у представља неку врсту SCADA система, на коме оператер прати величине од интереса у систему и може да врши управљање. Програм на PLC-у има специфичан *block diagram* који се sastoji од детерминистичке и недетерминистичке петље. У детерминистичкој петљи се одвија прави код PLC-а, док недетерминистичка петља служи за комуникацију са PC-ем. У овој комуникацији обично се PC назива *host* а PLC *target*.

### 2.3 Макета

*Pressure Proces Rig 38-714*, приказан на слици 1, верно oponaша систем где је потребно вршити управљање сервовентилом да би се регулисао притисак. Компресор константно удубава ваздух у систем. Део ваздуха (потребно је 15psi) одлази у управљачку грану, где долази на I/P претварач. Овај претварач конвертује струјни сигнал 4-20mA у пнеуматски сигнал 3-15psi, и на основу тог сигнала се врши управљање вентилом. Остатак ваздуха одлази у процесну грану, пролази кроз део контролиран сервовентилом и на крају се мери сензором (сигнал 4-20mA). Неки од вентила могу бити отворени како би симулирали поремећај у систему.



Слика 1. Макета *Pressure Process Rig 38-714*

### 3. СИМУЛАЦИЈА У РЕАЛНОМ ВРЕМЕНУ

Симулација у реалном времену (*hardware in the loop*) за разлику од *real-time* симулације поседује стварне компоненте која се огледа у комуникацији, процесору или неком другом виду стварног дела система. Сврха *hardware in the loop* симулације је да контролеру обезбеди потребно и веродостојно понашање система тако да он заста „мисли“ да је повезан са стварним системом. Наш случај карактерише то што је модел система имплементиран на контролер, тако да контролер управљачки сигнал шаље на физички излаз преко D/A конвертора, док улаз у модел система стиже преко A/D конвертора. Овим начином је омогућено да је потпуно свеједно да ли ћемо контролер ожичити са симуларним или стварним системом, он разлику неће приметити.

#### 3.1 Формирање математичког модела

Процес са којим ћемо радити је првог реда и такав је да је кашњење занемарљиво мало. Представимо га у  $S$  комплексном домену и задаваћемо га преко параметара модела. За добијање математичког модела, морамо да пођемо од функције преноса система првог реда без кашњења.

$$G(s) = \frac{K}{s + \alpha} \quad (3.1)$$

Оно што је битно јесте како дигитални регулатор види континуални процес. За то морамо да урадимо дискретизацију процеса и представити га у дискретном  $Z$  домену. Имајући у виду да се одбирковање врши колом задршке, потребно је изразити дискретну функцију преноса од сигнала процеса до улаза у регулатор.

$$G(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{K}{\alpha} \frac{1 - p}{z - p}, \quad p = e^{-\alpha T} \quad (3.2)$$

Параметар  $T$  је периода одабирања. Из овог израза даље следи модел система записан у диферентној једначини:

$$y(k) = p y(k-1) + \frac{K}{\alpha} (1-p) u(k-1) \quad (3.3)$$

### 4. ИДЕНТИФИКАЦИЈА ПРОЦЕСА

У временском домену динамички модел се представља у облику једне или система више диференцијалних једначина. У процесној индустрији, у великом броју случајева, сусрећемо линеарне временски инваријантне системе са једним улазом и једним излазом, које је погодно приказати помоћу функције преноса система. Једна од метода креирања модела јесте добро познавање физике система и описивање система диференцијалним једначинама, што у пракси није чест случај. Други начин, међу инжењерима популарнији, јесте идентификација параметара предпостављеног модела система. Овим начином се снима одзив система на познати побудни сигнал. Резултат који добијемо јесте функција преноса нашег система. Показаћемо извођења идентификације методе намјанјих квадрата за општи случај и за системе првог реда, који ћемо и користити.

#### 4.1 Општи случај

Пре свега, потребно је да поставимо одговарајући критеријум по коме ћемо оптимизовати процену параметара. У нашем случају, то ће бити критеријум најмањих квадрата. Параметре увек бирамо тако да збир грешака процене сваког параметра буде што мањи. Тако имамо следећи критеријум оптимизације:

$$J = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^N \text{грешка}(i) \quad (4.1)$$

У зависности од неких фактора, као што је тип шума, можемо дефинисати грешку на више начина, између осталог и на следећа два начина:

1.  $\text{грешка}(i) = [y(i) - \hat{y}(i)]^2$
2.  $\text{грешка}(i) = |y(i) - \hat{y}(i)|$

Ми ћемо користити први начин дефинисања грешке. Ако пођемо од функције преноса система у дискретном облику, развијемо једначину у матрични облик и уведемо нове ознаке за векторе, можемо да изразимо процењене излазе преко производа матрица у којима се налазе вредности измерених улаза и излаза и матрице у којој се налази вектор процењених параметара нашег система.

$$\hat{y}(i) = \varphi^T(i) * \theta \quad (4.2)$$

Када уврстимо први начин дефинисања грешке у критеријум оптималности, добијемо следећи израз:

$$J = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^N (y(i) - \varphi^T(i) * \theta)^2 \quad (4.3)$$

Потребно је пронаћи такав вектор  $\hat{\theta}$  за који ће критеријум оптималности имати минималну вредност и тежити нули. Ако дефинишемо следеће векторе

$$Y = \begin{bmatrix} y(0) \\ \vdots \\ y(N) \end{bmatrix}; \quad \Phi = \begin{bmatrix} \varphi^T(0) \\ \vdots \\ \varphi^T(N) \end{bmatrix}$$

добићемо израз за критеријум оптималности из којег ћемо моћи извести израз за процену параметара система.

$$\theta = (\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T Y \quad (4.4)$$

Израз (4.4) представља формулу методе најмањих квадрата помоћу којег можемо рачунати вектор параметара предложеног модела система на основу експериментално прикупљених улаза и излаза система.

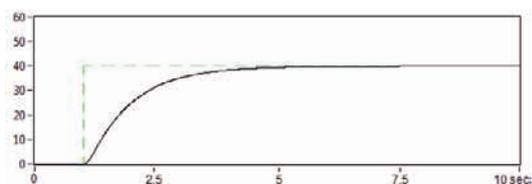
## 5. PID УПРАВЉАЊЕ

PID регулатори имају широку примену у индустријским постројењима због једноставности закона управљања којег имплементирају. Користе се када њихове могућности задовољавају захтеве управљања. Закон PID управљања се зансва на повратној спрези, која враћа на улаз измерену процесну величину и упоређује га са референцом. Тако добијена грешка представља улаз у PID, чији ће излаз линеарно зависити од те грешке, њеног интеграла и извода. Уколико познајемо, или идентификујемо параметре процеса којим управљамо, дат формулом (3.1), могуће је да израчунамо параметре регулатора, уз предходно дефинисање пола система у затвореној спрези односно временске константе система у затвореној спрези.

$$K_P = \frac{1}{K T_c} \quad \text{и} \quad T_i = \frac{1}{a} \quad (5.1)$$

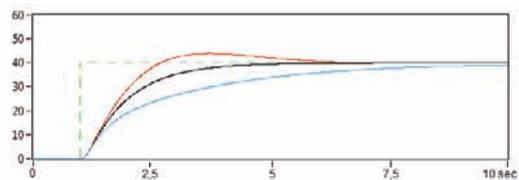
### 5.1 Резултати експеримента

Резултате експеримента ћемо показати кроз дијаграме одзива снимљених на моделима којима управља PID регулатор са константним параметрима. За један модел ћемо одредити параметре регулатора, а потом изменити параметре модела у мањој мери и видети како ће се понашати регулатор који је подешен за првобитни модел система.



Слика 2. Одзив система у затвореној петљи

Уколико систем убрзамо односно успоримо два пута, а при томе параметри регулатора остану исти, одзиви система ће се убрзати односно успорити, и нећемо моћи испосштовати критеријум временске константе система у затвореној петљи. На слици 3. ћемо видети резултате одзива.



Слика 3. Поређење одзива убрзаног, почетног и успореног система

Видимо да се овакав регулатор не може изборити са променама модела система, а да се параметри не подешавају после одређеног временског периода, мада и то није могуће у случају где се параметри модела често или стално мењају.

## 6. АДАПТИВНО УПРАВЉАЊЕ

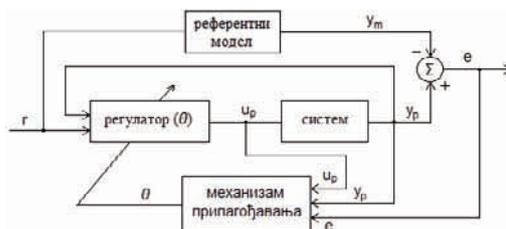
Под адаптивним управљањем подразумевамо технике које омогућавају систематски приступ за аутоматско подешавање регулатора у реалном времену, у циљу постизања или одржавања жељеног нивоа перформанси управљаног система када су параметри динамичког модела система непознати и/или су променљиви у времену. [1] Разликујемо два основна приступа подешавању параметара контролера:

- индиректни (експлицитни)
- директни (имплицитни)

У првом приступу, у сваком тренутку  $t$  формира се нови модел система који се третира као модел стварног система, а потом се одређују одговарајући параметри нашег регулатора. [2] У другом приступу, параметри регулатора се израчунавају директно из закона адаптације, без претходног рачунања модела система.

### 6.1 MRAC регулатор

Може се сматрати адаптивним системом у којем су жељене перформансе изражене помоћу референтног модела, који даје жељени одзив система на побудни сигнал. [1] Генерална структура MRAC регулатора приказана је на следећој слици.



Слика 4. Генерална структура MRAC регулатора

MRAC регулатор који ћемо пројектовати биће са директним приступом подешавања параметара.

### 6.2 MRAC за системе првог реда

Уколико је структура модела система позната  $G_p(s)$ , а параметри су непознати или се мањају у времену, MRAC регулатор треба да обезбеди да излаз из таквог процеса прати жељени излаз који је дефинисан жељеном функцијом преноса  $G_m(s)$ .

$$G_p(s) = \frac{b_p}{s + a_p} \quad G_m(s) = \frac{b_m}{s + a_m} \quad (6.1)$$

Закон управљања мора омогућити савршено праћење референтног модела у случају када су параметри процеса познати. Тако имамо закон управљања:

$$u(t) = -k y(t) + k_r r(t) \quad (6.2)$$

Идеалне вредности за појачања  $k$  односно  $k_r$  која конфигуришу у управљачком закону би биле:

$$k^* = \frac{a_m - a_p}{b_p} \quad k_r^* = \frac{b_m}{b_p} \quad (6.3)$$

Пошто су нам непознати параметри  $a_p$  и  $b_p$ , није могуће на овај начин рачунати вредности појачања. Потребно је одабрати неки од закона адаптације параметара (појачања) регулатора.

Грешка праћења представља разлику између излаза стварног и жељеног система. Грешка процене параметара:

$$\tilde{k} = \hat{k} - k^*, \quad \tilde{k}_r = \hat{k}_r - k_r^* \quad (6.4)$$

При избору закона адаптације могу се користити два различита приступа:

- Старији приступ који се заснива на принципу нелинеарне оптимизације и не гарантује стабилност : MIT правило
- Новији приступ, заснован на теорији Љапунова, који обезбеђује стабилност поступака адаптације и управљања

Ми ћемо користити новији приступ који нам гарантује конвергенцију параметара и стабилност управљања.

### 6.3 Примена приступа Љапунова

Показаћемо како искористити теорију стабилности Љапунова за формирање закона адаптације параметара. Једначина која описује грешку (6.5) има подешавајуће параметре. Морамо пронаћи одговарајућу једначину Љапунова и механизам адаптације такав да грешку сведемо на нулу. [4]

$$E(s) = \frac{b_p}{s + a_m} [-\tilde{k}Y(s) + \tilde{k}_r R(s)] \quad (6.5)$$

Уколико се закон прилагођења параметара изабере на доле приказани начин, тада су грешка праћења и грешка естимације параметара ограничене величине. Шта више, уколико су излаз процеса и референтни сигнал такође ограничене величине, тада грешка праћења асимптотски тежи нули. [2]

$$\dot{\hat{k}} = \gamma e y \quad \dot{\hat{k}}_r = -\gamma e r \quad (6.5)$$

Као доказ, потребно је изабрати функцију  $V$  која је функција Љапунова: позитивно је дефинитна и има негативно семидефинитан први извод дуж трајекторија адаптације процеса.

$$V = \frac{1}{2} e^2 + \frac{b_p}{2\gamma} (\tilde{k}^2 + \tilde{k}_r^2) \quad (6.6)$$

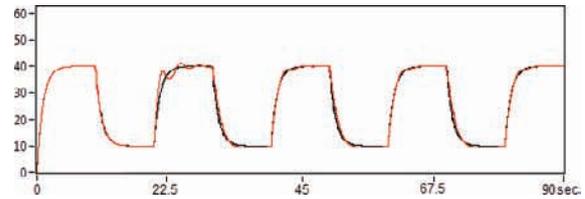
$$\dot{V} = -a_m e^2 \quad (6.7)$$

Једначина (6.7) уз предходну тврдњу показује да ће грешка праћења тежити нули.

### 6.4 Резултати експеримента

Потребно је дефинисати жељени модел према чијем излазу ће се прилагодити и излаз нашег система.

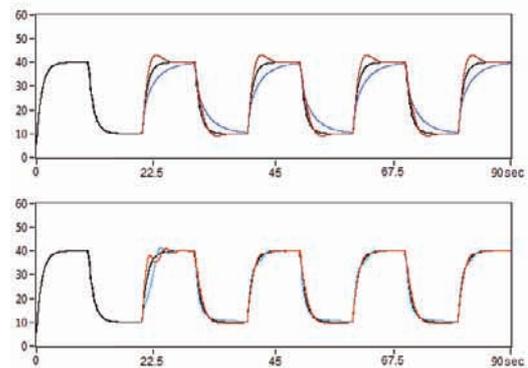
Видећемо како одзив система савршено прати жељени одзив када су параметри регулатора погођени. Тада уводимо промене у параметрима система и видећемо како се прилагођавањем параметара регулатора прилагођава и излаз система жељеном одзиву



Слика 5. Одзив на промену модела система

На слици 5. се јасно види да је после прве периоде дошло до неких промена. Црном линијом је обележен жељени одзив, док црвена линија представља одзив симулираног система на побуду правоугаоног сигнала. Видимо да су после промене модела, појачања регулатора успела да исконвергирају ка вредностима које ће обезбедити жељено понашање.

Најбољи приказ о предности адаптивног управљања показује следећи график где се пореде одзиви система, којим управља PID регулатор и MRAC регулатор, после настанка промене параметара модела управљаног система. За разлику од PID-а, MRAC регулатор успева прилагодити управљање.



Слика 6. Одзиви на промену модела система којим управљају PID и MRAC регулатори

## 7. LITERATURA

- [1] R. Lozano, I. D. Landau, / A. Karimi, Adaptive Control, Analysis and Applications, Springer, 2011.
- [2] P. Ioannou / B. Fidan, Adaptive Control Tutorial.
- [3] P. Ioannou, / J. Sun, Robust Adaptive Control.
- [4] K. J. Astrom / B. Wittenmark, Adaptive Control, Mineola, New York: Dover publications, INC..

### Кратка биографија:



**Мирко Цвијић** рођен је у Сомбору 1988. год. Завршио Средњу техничку школу, смер електротехничар рачунара 2006. год. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Аутоматика и управљање системима одбранио је 2012. године.

**REALIZACIJA KLIJENTSKE KONZOLE ŠKOLSKOG AKVIZICIONO-UPRAVLJAČKOG SISTEMA****IMPLEMENTATION OF AN EDUCATIONAL SCADA CLIENT APPLICATION**Boris Savić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Tema rada je realizacija klijentske konzole (grafičkog korisničkog interfejsa) koji je sastavni deo školskog akvizicionog - upravljačkog sistema (demonstraciona SCADA ili skraćeno dSCADA). U prvom delu rada opisan je ovaj sistem, kao i pozicija i uloga aplikacije koja je tema ovog rada. Zatim sledi opis korišćenih tehnologija i standarda (.NET Framework, WPF, SVG), a na kraju je dat detaljan opis izgleda i funkcionalnosti finalne aplikacije „dClient“.

**Abstract** – Subject of this paper is the realization of an application that represents a client console of a SCADA system. This SCADA system is developed for demonstration purposes and thus the name demonstrational SCADA or shortly dSCADA. First part of paper describes this system, and the role of the application that is the subject of this paper. Then follows a description of used technologies and standards (.NET Framework, WPF, SVG), and at the end there is a detailed description of look and functionality of the final application "dClient".

**Ključne reči:** SCADA, WPF, .Net Framework

**1. UVOD**

Automatizacija proizvodnih procesa pretpostavlja upotrebu kontrolnih sistema zasnovanih na računaru radi upravljanja industrijskim postrojenjima i procesima. Neke od prednosti automatizacije su povećana efikasnost proizvodnje, povećan kvalitet proizvoda, kao i oslobađanje čoveka od teških, zamornih i opasnih poslova. Ona se realizuje korišćenjem računara kao upravljačkog bloka, koji komunicira sa raznim sensorima, koji pružaju „uvid“ u trenutno stanje procesa, i izvršnim organima koji realizacijom komandi utiču na sam proces.

Da bi računar ispunio ulogu upravljačkog bloka za njega mora biti projektovana i implementirana *sistemska i aplikativna* programska podrška.

Ovakvi sistemi, specifične namene i strukture, predstavljaju *akviziciono upravljačke sisteme (AUS)*, koji se u literaturi najčešće označavaju terminom **SCADA** (*Supervisory Control And Data Acquisition*). Osnovni cilj SCADA sistema je obezbeđenje efikasnog nadzora i upravljanja nad proizvodnim fizičkim procesom, korišćenjem digitalnih računarskih komponenti.

**NAPOMENA:**

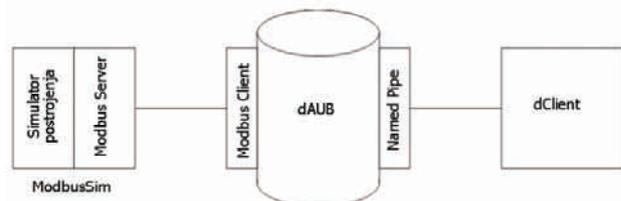
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji je mentor dr Aleksandar Erdeljan, vanr.prof.

**2. ŠKOLSKI AKVIZICIONO-UPRAVLJAČKI SISTEM**

U skladu sa navedenim principima, u cilju lakšeg shvatanja SCADA sistema, razvijen je školski ili demonstracioni akviziciono upravljački sistem - dSCADA. Njegovu osnovu čini generalizacija opisa (konfiguracije) akviziciono-upravljačkog sistema (računarske stanice, merni i izvršni elementi), kao i tehnoloških elemenata postrojenja i njihovih uzajamnih veza (međusobnih zavisnosti). dSCADA je nastala redukcijom složenog modela sistema GAUS (*Generalizovani Akviziciono Upravljački Sistem*) [1], u nameri da se realizuje po obimu skromna, ali funkcionalno potpuna programska podrška dSCADA je programski paket koji čine tri osnovne komponente:

- Simulator procesnog kontrolera i samog postrojenja – ModbusSim,
- Akviziciono upravljačka stanica – dAUB,
- Klijentska stanica– dClient.

Zajedno, ove komponente pružaju kompletnu podršku razvoju sistemskog i aplikativnog SCADA softvera. Pomenuta redukcija GAUS modela, sastoji se u tome da je podržan skup osnovnih SCADA promenljivih prvog nivoa (direktno vezanih za procesni UI), i u tome što je komunikacija sa procesnim kontrolerima ograničena na jedan komunikacioni kanal (serijski, UDP ili TCP) uz korišćenje jednog komunikacionog protokola. U osnovnoj verziji podržan je industrijski protokol Modbus ali je obezbeđeno okruženje za implementaciju bilo kog drugog protokola.



Slika 1. Blok šema dSCADA-e

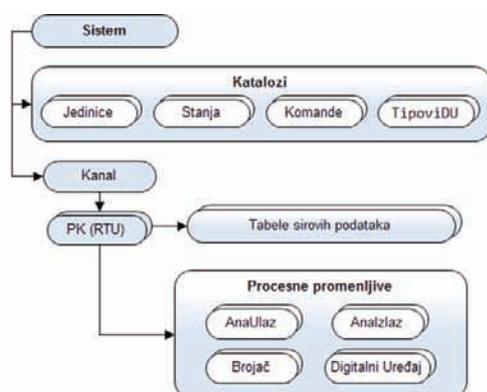
ModbusSim igra ulogu procesnog kontrolera. On simulira proces i komunicira sa centralnom komponentom dAUB, čiji su zadaci: učitavanje konfiguracije i formiranje SCADA baze podataka, akvizicija i obrada podataka dobijenih od simulatora, komunikacija sa klijentom i prosljeđivanje komandi ka procesnom kontroleru, i izvršavanje automatske upravljačke procedure. Tema ovog rada je realizacija klijentske konzole dClient, čija će uloga, funkcionalnost i proces razvoja biti sagledani u nastavku.

## 2.1 Baza podataka

Baza podataka školskog SCADA sistema izvedena je na osnovu hijerarhije prikazane na slici 2. Na najnižem nivou, školski SCADA sistem vidi fizički proces kao skup procesnih U/I. U okviru baze podataka, pojedini procesni U/I se grupišu na osnovu tipa i broja, i opisuju posebnim strukturama podataka. Time oni dobijaju svojstvo procesne promenljive ili procesne veličine. Svi viši programski nivoi u sistemu rade isključivo sa njima.

*Katalozi* definišu elemente koji se kasnije koriste pri formiranju baze procesnih promenljivih. Ti elementi u školskoj SCADA-i obuhvataju: programska stanja, komande i tipove digitalnih uređaja, kao i inženjerske jedinice kontinualnih procesnih promenljivih.

Svaki od procesnih kontrolera u sistemu opisan je zasebnom strukturom podataka, preko koje su povezane strukture koje opisuju procesne promenljive: *analogni ulazi*, *analogni izlazi*, *brojači* i *digitalni uređaji*.



Slika 2. Hijerarhija tipova podataka u dSCADA sistemu

## 3. PRIMENJENE TEHNOLOGIJE

### 3.1 Programsko okruženje .Net Framework

.NET Framework programsko okruženje, predstavlja skup tehnologija i programskih jezika koji se razlikuje od prethodnih u načinu izrade programa, ali i u načinu njihovog izvršavanja na Windows operativnim sistemima. Svi .NET programi se izvršavaju u programskom okruženju CLR (*Common Language Runtime*) nezavisno od stvarne fizičke platforme ili operativnog sistema. Izvorni kod, pisan u jezicima višeg nivoa poput C# ili C++, se prvo prevodi u međujezik nižeg nivoa (CIL - *Common Intermediate Language*) a zatim u mašinski kod koji se izvršava u CLR virtuelnom okruženju.

### 3.2 WPF (Windows Presentation Foundation)

WPF je grafički podsistem zadužen za prikaz grafičkog dela aplikacija pisanih za Windows operativne sisteme. Nastao je kao deo .NET Framework-a verzije 3.0. Kao osnovu za svoj rad WPF koristi DirectX biblioteku koja služi za rad sa multimedijalnim sadržajima na Windows operativnim sistemima [2]. Zahvaljujući DirectX-u aplikacije pisane u WPF-u koriste svo raspoloživo ubrzanje grafike realizovano fizičkom arhitekturom, i najmodernije grafičke mogućnosti kao što su transparentija, gradijentne boje i transformacije. *Novina predstavljena u WPF-u je XAML (Extensible Application*

*Markup Language)* [3], jezik koji predstavlja alternativni način za definisanje grafičkih komponenti i njihovog odnosa sa ostalim komponentama. Model programiranja na kome se temelji WPF veoma jasno razdvaja programiranje (dizajniranje) izgleda aplikacije, od programiranja logike prikaza koja se izvršava u pozadini. Time je razdvojen rad dizajnera i programera, što u praksi uglavnom rezultuje kvalitetnijim rešenjima.

### 3.3 SVG (Scalable Vector Graphic)

SVG format datoteke služi za opis dvodimenzionalne vektorske grafike koja može biti statična ili dinamična. Ovaj format omogućava opis sledeće tri grupe grafičkih objekata: vektorskih grafičkih objekata (opisanih skupom pravih i krivih linija), slika i teksta. Tako definisani grafički objekti mogu biti grupisani, na njih može biti primenjen određeni stil (boja ispunje, boja linije, vrsta linije, debljina linije itd.) ili mogu biti primenjene određene transformacije (skaliranje, translacija, rotacija, itd.) što takođe može biti sadržano u okviru datog SVG dokumenta. Posebna pogodnost SVG formata je mogućnost čuvanja informacija o proizvoljnim elementima (*Custom Properties*). Praktično to omogućuje da se prilikom konverzije MS Visio crteža u SVG dokument mogu sačuvati i mnoge druge informacije od značaja pored onih koje direktno utiču na iscrtaavanje [4].

## 4. OPIS REALIZACIJE

Da bi realizovana aplikacija zaista predstavljala korisničku konzolu ovog akviziciono-upravljačkog sistema bilo je potrebno obezbediti sledeće:

- komunikaciju sa dAUB-om,
- tabelarni prikaz svih procesnih varijabli (sa svojim karakterističnim vrednostima),
- mehanizam za ručno izdavanje komandi,
- hronološki prikaz događaja u sistemu,
- grafički prikaz stanja fizičkog procesa (sistema).

### 4.1 Klijentski komunikacioni protokol

Da bi se obezbedio prikaz procesnih varijabli, bilo je neophodno uspostaviti komunikaciju između klijentske aplikacije i akvizicionog servera dAUB. Cilj komunikacije i implementiranog protokola je razmena procesnih promenljivih i klijentskih komandi.

Radi jednostavnosti dizajna, komunikacija je realizovana pomoću imenovanih cevi (*Named Pipes*), koje omogućavaju pouzdanu razmenu poruka između dve aplikacije na istom ili na razdvojenim računarima. U ovoj komunikaciji, dAUB igra ulogu servera pošto on kreira imenovanu cev i realizuje zahtev za konekciju primljen od korisničke aplikacije dClient.

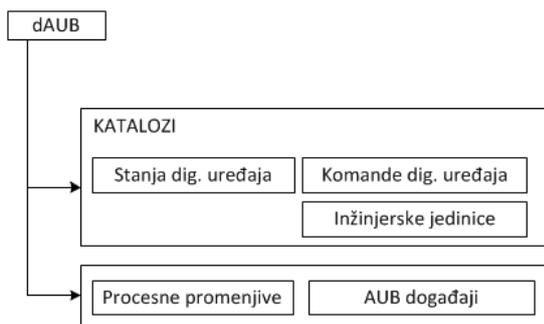
Sledeći korak u realizaciji uspešne komunikacije bilo je projektovanje jednostavnog ASCII protokola po kojem bi se ista izvršavala. Zadatak dAUB-a je da formira poruku koja se šalje klijentskoj aplikaciji, koju ona prima i po protokolu parsira i obradjuje. Poruka se formira tako što na početku iste stoji ključna reč (koja ukazuje da li je poruka za inicijalizaciju - init, osvežavanje – refresh, baze podataka klijentske aplikacije, inicijalizaciji kataloga - cat ili poruka o događaju u procesu – event), a zatim slede podaci o procesnim promenljivim, događajima ili katalogima, odvojeni delimiterom u vidu karaktera ;.

## 4.2 Baza podataka

Po uspostavi konekcije između dve aplikacije potrebno je izvršiti inicijalizaciju baze podataka klijentske aplikacije, tako što dAUB prolazi kroz svoju bazu i šalje attribute svake procesne promenjive. Klijentska aplikacija po prijemu poruke po prvoj reči zna šta treba da očekuje u nastavku iste. Ukoliko se radi o inicijalizaciji procesnih promenjivih ili kataloga (dClient aplikacija čuva podatke o katalogu stanja, inženjerskih jedinica i komandi), kreira se objekat klase *Device* ili odgovarajuće klase elemenata kataloga *DcCatElement*, *DsCatElement*, *EuCatElement*. Ukoliko se kreira objekat klase *Device*, on se dodaje u kolekciju *DevList*, a ukoliko se kreira objekat klase nekog od elemenata kataloga oni se dodaju u odgovarajuću listu ovih elemenata *DcCatalog*, *DsCatalog*, *EuCatalog*. Po završetku inicijalizacije imamo trenutno stanje baze podataka iz dAUB, kao i kataloge stanja digitalnih uređaja, komandi za digitalne uređaje i inženjerskih jedinica.

U nastavku rada prenose se poruke koje znače da je došlo do promene stanja ili vrednosti neke procesne promenjive, ili da se u procesu desio neki događaj. Ukoliko je došlo do promene stanja ili vrednosti procesne promenjive, poziva se funkcija koja ažurira promenu u kolekciji *DevList*. Ukoliko je prispela poruka o nekom događaju kreira se objekat klase *AUBEvent* i on se dodaje u kolekciju *AUBEventList*.

Jedna od prednosti WPF tehnologije i njegovih kontrola za prikaz podataka je mogućnost povezivanja (*Binding*) kontrole sa kolekcijom ili listom elemenata koje ta kontrola treba da prikaže. Po izvršavanju ovog povezivanja, sadržaj kontrola se automatski osvežava i prikazuje trenutno stanje podataka u kolekciji ili listi elemenata za koji je povezan. Ovo nas oslobađa od pisanja funkcija koje „opslužuju“ kontrole grafičkog interfejsa, kao što bi npr. bila funkcija za osvežavanje kontrole tipa *Data Grid*, koja je iskorištena za tabelarni prikaz svih procesnih promenjivih.



Slika 3. Baza podataka aplikacije dClient

Međutim, da bi ovo bilo moguće, kolekcije, odnosno liste elemenata moraju da zadovolje određene zahteve. U ovom slučaju kolekcije *DevList* i *AUBEventList* su morale da budu tipa *ObservableCollection*, kao i da klase *Device* i *AUBEvent* implementiraju *INotifyPropertyChanged* interfejs [2], čije funkcije omogućavaju automatsku notifikaciju o promeni nekog polja elementa liste *DevList*.

## 4.3 Zadavanje komandi

Zadavanje komandi je moguće na dva načina. Jedan je preko glavne forme aplikacije, a drugi je preko modalnog

dialoga koji se prikazuje po kliku na grafički simbol digitalnog uređaja u grafičkom prikazu. Ovaj drugi način će biti objašnjen u daljem delu rada, nakon što se prikaže način realizacije grafičkog prikaza procesa (sistema).

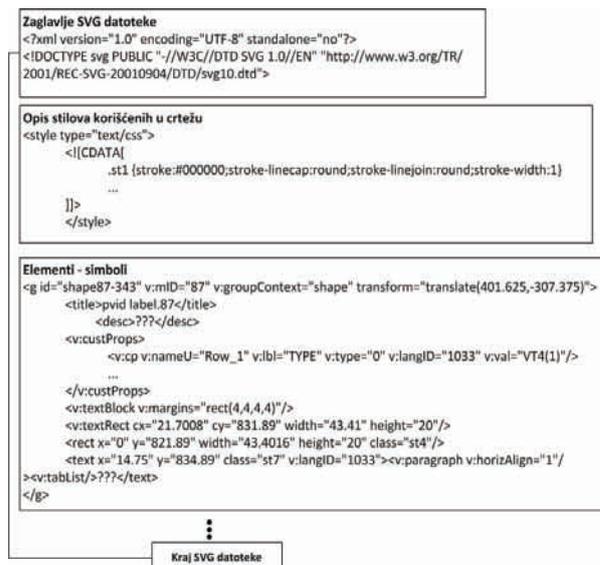
Klikom na jedan red u tabelarnom prikazu procesnih promenjivih, ukoliko je moguće izdati neku komandu za tu promenjivu (komanda digitalnim uređajima, reset brojača ili postavljanje nove vrednosti analognog izlaza) na glavnoj formi će se prikazati polje za unos poruke, odnosno nove vrednosti, kao i dugme koje vrši slanje komande.

## 5. GRAFIČKI PRIKAZ PROCESA

Grafički prikaz procesa u aplikaciji dClient urađen je pomoću crteža u .svg formatu. Crtež se formira u MS Visio [3], programu koji je deo MS Office programskog paketa. Ovaj tip crteža je izabran zbog njegovih osobenosti koje će biti opisane u narednom delu.

### 5.1 Struktura SVG dokumenta

Svaki crtež koji se koristi za prikaz fizičkog sistema sastoji se od elemenata koji sa stanovišta zapisa u SVG dokumentu vrlo liče jedan na drugi, i samim tim omogućavaju predvidivu strukturu dokumenta. Na sledećoj slici (Slika 4.) dat je grafički prikaz logičkih celina koje se izdvajaju prilikom rada na parsiranju korisnih informacija iz SVG datoteke.



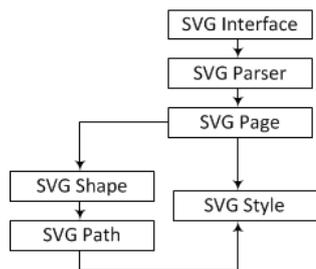
Slika 4. Šematski prikaz strukture SVG dokumenta

Iz zaglavlja pod elementom `<svg>` možemo pročitati globalne informacije o dokumentu. Zatim sledi deo koji opisuje različite stilove korištene u crtežu. Opisi stilova se nalaze unutar `<style>` elementa. Sledeću celinu čine definicije slojeva (*Layer*) ukoliko ih ima. Mada je crtanje po slojevima podržano, nije i neophodno, pa tako ovaj deo SVG dokumenta nekad može da izostane. Nakon njih slede definicije individualnih simbola od kojih je sastavljen crtež. Svaki simbol predstavlja grupu obeležja koja se nalaze unutar elementa `<g>`.

### 5.2 Podsystem za rad sa SVG dokumentima.

Realizovan podsystem sastoji se iz više modula. Svaki modul predstavlja zasebnu klasu u zasebnoj datoteci.

Nazivi klasa i njihova međuzavisnost prikazani su na sledećem dijagramu (Slika 5.).

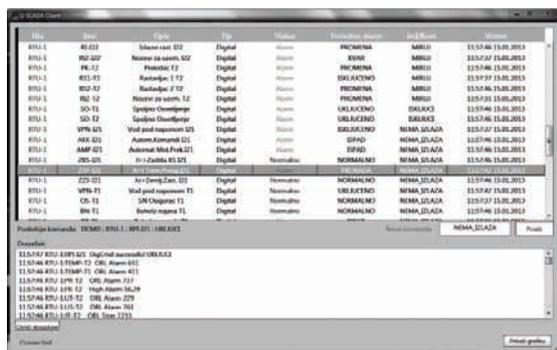


Slika 5. Modularna struktura SVG posistema

Na vrhu hijerarhije nalazi se klasa *SVGInterface*. U okviru ove klase, kroz njene metode, realizovan je pristup svim funkcionalnostima koje se mogu dobiti od klasa hijerarhijski ispod nje. Klasa *SVGParser* kao osnovnu funkcionalnost vrši parsiranje SVG dokumenta. Parsirane informacije smeštaju se u instance klase *SVGPage*. U klasi *SVGPage* se nalaze instance klasa *SVGShape* i *SVGStyle* organizovane u dve liste. *SVGStyle* klasa služi za čuvanje definisanih stilova unutar SVG dokumenta. Osnovni gradivini element SVG datoteke čine simboli od kojih je sastavljena slika šeme procesa. Sve informacije o pojedinačnim simbolima se čuvaju u instancama klase *SVGShape*. Svaki simbol može biti sastavljen od tri gradivna elementa: elipse, pravougaonika i putanja. Za skladištenje putanja koriste se instance klase *SVGPath*.

### 5.3 Opis izgleda realizovane aplikacije

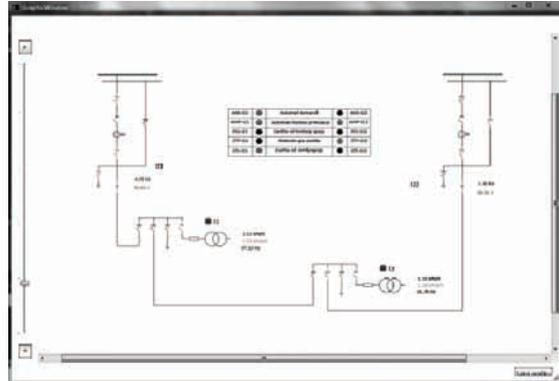
Kao što je navedeno, aplikacija *dClient* pruža tabelarni prikaz svih procesnih varijabli, hronološki prikaz događaja u sistemu, kao i grafički prikaz procesa. Grafičko-korisnički interfejs ove aplikacije se sastoji od dve forme. Na glavnoj formi, pomoću standardnih kontrola WPF tehnologije realizovan je tabelarni prikaz procesnih varijabli i događaja, kao i osnovni podaci o konekciji sa *dAUB* serverom, prikaz poslednje poslate komande, kao i deo za izdavanje komandi. Glavna forma aplikacije prikazana je na sledećoj slici (Slika 6.)



Slika 6. Izgled glavne forme aplikacije *dClient*

Grafički prikaz fizičkog sistema (procesa), realizovan je u posebnoj formi. Pri otvaranju ove forme, prikazuje se dijalog za izbor .svg datoteke (crteža) koji će se prikazati. Tada aplikacija izvršava parsiranje svg dokumenta i podatke o svim simbolima na crtežu smešta u instancu klase *SVGPage*. Zatim aplikacija vrši prikaz tih simbola pomoću WPF funkcija za iscrtavanje grafičkih elemenata. Pošto atributi simbola ukazuju na povezanu procesnu varijablu, po prijemu poruke o osvežavanju iste iz

aplikacije *dAUB*, može se izvršiti i osvežavanje tog simbola koji se nalazi u objektu *SVGPage*, kao njen element. Osvežavanje simbola se vrši promenom njegove boje, u zavisnosti od stanja, a ukoliko je reč o tekstualnom ispisu neke vrednosti (npr. analognog ulaza) menja se tekst tog simbola, kao i boja u zavisnosti u kojem je stanju (npr. alarm).



Slika 7. Grafički prikaz fizičkog sistema (procesa)

Ukoliko je potrebno izdati komandu za neki od digitalnih uređaja, klikom na simbol u grafičkom prikazu, pojavljuje se modalni dijalog pomoću kojeg je moguće izdati komandu.

## 6. ZAKLJUČAK

Aplikacija *dClient* predstavlja važan deo programskog paketa školskog akvizicionog-upravljačkog sistema. Iako jednostavna, ona obezbeđuje sve bitne HMI funkcije potrebne SCADA operateru. Pored tekstualnog prikaza, stanje procesnog sistema se može pratiti i u grafičkoj formi koja je uvek najprihvatljivija za korisnika. U toku razvoja, kao primer korišćen je fizički sistem dve trafo stanice. Uz promenu konfiguracije SCADA aplikacije i uz adekvatan crtež, aplikacija *dClient* se može koristiti bez ikakvih izmena i u slučaju da se akvizicija podataka i upravljanje vrši nad proizvoljnim fizičkim sistemom.

## 7. LITERATURA

- [1] B.Atlagić, GAUS – Generalizovani akviziciono-upravljački sistem, Novi Sad, 2001.
- [2] M.MacDonald, “Pro WPF in C# 2008 Windows Presentation Foundation with .NET 3.5” , Apress, 2008.
- [3] S.Helmer, “Microsoft Visio 2010 Step by Step”, Microsoft Press, 2010.
- [4] “Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 (Second Edition)“,www.w3.org, 2011.

### Kratka biografija:



**Boris Savić** rođen je 25.08.1988. god. u Somboru. Osnovne akademske studije završio je u oktobru 2011. na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, gde iste godine upisuje master akademske studije, na kojima je trenutno apsolvent.

**ANALIZA ELEKTROSTIMULACIONE POVROTNE SPREGE U FREKVENCIJSKOM DOMENU****ELECTROSTIMULATIVE FEEDBACK ANALYSIS IN THE FREQUENCY DOMAIN**Milan Pisarić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Tema rada jeste identifikovanje funkcije prenosa čoveka kao operatera u zatvorenom kolu elektrostimulacione povratne sprege. U tu svrhu postavljen je eksperiment kojim je trebalo ispitati: 1) mogućnost predstavljanja čoveka operatera linearnim matematičkim modelom; 2) kvalitet upravljanja baziranog na elektrostimulacionoj povratnoj sprezi, odnosno mogućnost čoveka da je prihvati i koristi. Eksperiment je obavljen sa grupom ispitivanja. Rezultati potvrđuju da je upravljanje na osnovu elektrostimulacione povratne sprege moguće ali da su za opisivanje linearnog modela potrebna dodatna ispitivanja. Motivacija za rad je unapređenje upravljanja veštačkom šakom.

**Abstract** – Topic of this paper is the identification of the transfer function of a human operator in a closed electrostimulative feedback circuit. For this purpose, an experiment has been set to investigate: 1) the possibility of presenting a human operator by a linear mathematical model, 2) the quality of human control based on the electrostimulative feedback, and ability of a man to accept and use this feedback. The experiment was conducted with a group of subjects. The results confirm that the control with electrostimulative feedback is possible but that additional tests are needed in order to describe a linear model of a human operator. The motivation for the work is to improve the artificial hand.

**Ključne reči:** Elektrostimulaciona povratna sprega, Upravljanje, Proteze

**1. UVOD**

Za razliku od mašine, čovekovo ponašanje se ne svodi samo na predefinisane reakcije i on je sposoban da uspešno reaguje u nepredvidivim situacijama. U sistemima čovek-mašina čovek informacije od mašine dobija preko svojih čula a njihova složenost čini čoveka kao operatera teško opisivim kvantitativno zbog ogromne svestranosti kao uređaja za obradu informacija [1]. Iako većinu informacija tokom ove interakcije čovek prima preko čula vida [2], istraživanja su pokazala da unutar nekih sistema čulo vida postaje nedovoljno i neadekvatno [2] pa su ispitivani i brojni drugi vidovi povratne sprege. Tokom opširnijih istraživanja elektrostimulacione povratne sprege [2][3][4] začeta je i ideja o opisivanju čovekovog ponašanja prilikom upravljanja sopstvenim ekstremitetima, a radi preslikavanja tog upravljanja na

veštačke proteze koje zamenjuju povredene ekstremitete čoveka [5].

Najveći problem u proizvodnji veštačkih proteza danas jeste čovekovo stalno opiranje stranom telu koje nikako ne može da prihvati kao svoje [6]. Postoji nada da ako bi se pronašlo rešenje pomoću kog bi čovek bolje razumeo veštački ekstremitet da bi ga prihvatao sa mnogo manje otpora [7].

Proteze koje su danas na tržištu uglavnom funkcionišu bez povratne sprege. Pacijent uglavnom mora da vidi protezu kako bi znao kakav je efekat njegovog upravljanja, a mozak posredno biva uskraćen za sve one informacije koje ima prilikom „upravljanja“ zdravom rukom – položaj šake, jačina stiska, otvorenost šake itd.

Pomenuti problemi bili su motivacija za dole opisani eksperiment.

Osnovni cilj jeste ispitivanje frekventijskog odziva čoveka kao operatera u zatvorenom kolu elektrostimulacione povratne sprege. Daljom analizom može se doći i do ekvivalentne funkcije prenosa, te do detaljnije primene uočenih rezultata u samom upravljanju protezom. Pretpostavka je bi čovek mogao razumeti kodirane informacije dobijane elektrostimulacijom [3][5], a zatim te informacije obraditi i koristiti ih za upravljanje veštačkom protezom šake.

Na neki način bi osoba sa invaliditetom tada zaista osetila protezu, a to bi omogućilo brže učenje u korišćenju veštačke šake, bolju i intuitivniju kontrolu pokreta, veće prihvatanje stranog tela, a vrlo moguće i tretman medicinskih teškoća koje su pratioci amputacije [6][7].

**2. METODE**

Cilj istraživanja jeste pronalaženje adekvatnog opisa čoveka kao operatera u zatvorenom kolu elektrostimulacione povratne sprege (*Slika 1*). Subjekti vrše kompenzatorno praćenje zadatog signala upravljajući nad jednim od četiri različita sistema.

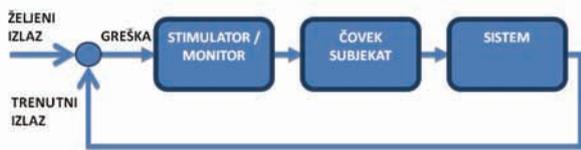
U pojedinačnim sesijama eksperimenta ispitanik upravlja jedno- dimenzionim džojstikom levo i desno u cilju eliminisanja greške.

Greška je mera odstupanja posmatranog odziva sistema u odnosu na zadati signal i subjektu se saopštava jednim od dva tipa povratne sprege. Signali prikupljeni u postavljenom eksperimentu koriste se prvo za analizu u frekventijskom domenu.

Na osnovu dobijenih frekventijskih odziva daljom analizom se dolazi i do funkcije prenosa čoveka operatera. Kako je tema ovog rada ograničena na frekventijski domen, ne zalazi se u dublju analizu rezultata.

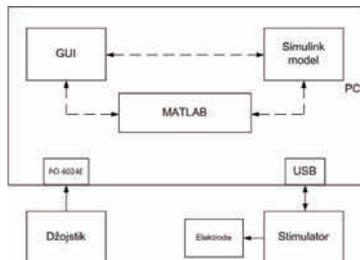
**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Nikola Jorgovanović.



Slika 1 - Sistem zatvorene sprege kao osnov za eksperimentalnu postavku

Informaciju o povratnoj sprezi čovek prima putem elektrostimulacije senzorskih nerava. Elektrostimulacija je fizikalno-terapijski postupak kojim se izaziva mišićna kontrakcija uz pomoć električnog nadražaja. Dve koncentrične elektrode postavljaju se ispitaniku na podlakticu - levo i desno. Elektrostimulacioni impulsi koji se od stimulatora preko elektroda šalju ka ispitaniku imaju konstantnu amplitudu od 4mA i frekvenciju od 100Hz. Širina impulsa je u granicama od 50us do 1000us. Pored stimulatora kojim se kontroliše elektrostimulacija, opremu potrebnu za izvođenje eksperimenta čine džojstik upravljan po jednoj osi, akviziciona kartica, ciklične elektrode i personalni računar. Prilikom izrade eksperimentalnog okruženja za personalni računar korišćen je programski paket Mathworks Matlab/Simulink. U pomenutom paketu izrađena je namenska aplikacija za vođenje kompletnog eksperimenta, kao i svi modeli sistema upravljanja. Prikupljanje podataka vrši se u realnom vremenu uz pomoć Real-Time Workshop-a, Matlabovog proširenja za akviziciju podataka.



Slika 2 - Organizaciona šema celokupnog eksperimentalnog okruženja.

Namenska aplikacija se sastoji iz dve celine – grafičkog korisničkog interfejsa i simulink modela. Korisnički interfejs je kreiran u okviru GUIDE specijalizovanog proširenja programskog paketa Matlab. Čine ga osnovna i nekoliko pomoćnih formi koje pružaju dodatna podešavanja. Sam interfejs je krajnje jednostavan, a korisniku pre svega omogućava intuitivno vođenje eksperimenta. Aplikacija daje korisniku mogućnost unošenja podataka o ispitaniku, podešavanja parametara sistema, određivanje pragova osećaja i bola za svakog ispitanika, jednostavno praćenje performansi i što je najvažnije, strukturirano čuvanje svih prikupljenih podataka. Signali se tokom svake pojedinačne sesije snimaju na računar, i to - signal greške, referentni i upravljački signal. Na osnovu tih signala određuje se srednja kvadratna greška, ukupna apsolutna greška i kroskorelacioni faktor. To su tri kriterijuma koja kvantitativno određuju kvalitet čovekovog upravljanja a prikazuju se nakon svake sesije kako bi bilo omogućeno praćenje napretka u savladavanju zadatka. Najznačajniji kriterijum je kroskorelacioni faktor jer kao mera jednakosti

strukture dva različita signala on daje brojčani rezultat poklapanja odziva i referentnog signala. Izražava se u procentima. Pilot testovima utvrđeno je da se na osnovu vrednosti kroskorelacionog faktora može pretpostaviti da li će identifikacija biti korisna ili ne. Svaka vrednost preko 70% smatra se kvalitetnom.

### 3. EKSPERIMENT

Eksperiment je podeljen na četiri podtipa koji odgovaraju različitim sistemima nad kojim ispitanik upravlja. Sistemi su izabrani nakon serija pilot testova, a na osnovu postojeće literature. Korišćeni sistemi su:

1.  $F(s) = 1$
2.  $F(s) = \frac{1}{(s+1)}$
3.  $F(s) = \frac{4}{s}$
4.  $F(s) = \frac{2}{s(0.25s+1)}$

Ispitanik sistemima 1 i 2 upravlja pozicijom tako što pomeranje džojstika u levo i desno izaziva proporcionalnu korekciju greške, a sistemima 3 i 4 upravlja brzinom tako što se pomeraj džojstika prvo integrira pa se tek onda koriguje greška.

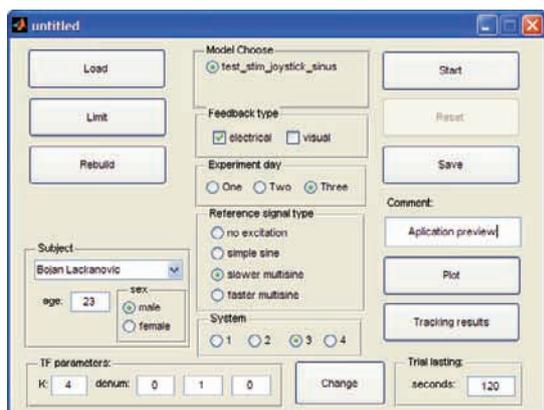
Tri su tipa referentnog signala sa kojima se ispitanik suočava. Prvi je jednostavni sinus frekvencije 0.1 Hz (u daljem tekstu referentni signal 1), i on prvenstveno služi učenju kompenzatornog praćenja nad okruženjem. Preostala dva su pseudoslučajani multisinusni signali – označeni kao brži i sporiji na osnovu frekvencijskih komponenti čijim su sabiranjem dobijeni. Dominantna frekvencija bržeg signala je 2.5 rad/s (u daljem tekstu referentni signal 3), a sporijeg je 1.5 rad/s (referentni signal 2).

Subjekt povratnu informaciju dobija na dva načina – vizuelno ili preko elektrostimulacije. Povratna informacija je u oba slučaja signal greške. Vizuelnu povratnu spregu čini monitor računara. Subjekt grešku vidi na ekranu, na skali od -1 do 1 u čijoj se sredini nalaze dva markera – manji zelene boje, i veći u crvenoj nijansi. Pomeranjem džojstika levo i desno pomera se i crveni marker, dok zeleni marker miruje i označava položaj nulte greške, odnosno ciljanog stanja.

Crveni marker je pobuđen referentnim signalom i pomera se na skali levo i desno dinamikom zavisnom od pobudnog signala, a subjekat ga upravljanjem džojstika vraća u prvobitan položaj – u centar gde se preklapa sa zelenim markerom.

Elektrokutanu povratnu spregu čini elektrostimulacija preko dve elektrode zalepljene na podlakticu ispitanika. Elektrode se aktiviraju naizmenično, leva i desna, i na taj način se ispitaniku saopštava vrednost greške – pozitivna i negativna.

Subjekt pomera džojstik u stranu suprotnu od one na kojoj oseća stimulaciju i na taj način koriguje grešku upravljanja. Cilj je da se stimulacija uopšte ne oseća jer je to praktično ekvivalentno poklapanju markera u centru skale kod vizuelne povratne sprege.



Slika 3 - Aplikacija za akviziciju podataka

Pre početka svake celine eksperimenta neophodno je podesiti opsege elektrostimulacije odnosno pragove bola i osetljivosti. Prag osetljivosti je prva vrednost za koju subjekat oseca stimulaciju. Prag bola je prva vrednost na kojoj stimulacija postaje neprijatna umanjena za 50  $\mu$ s. Pragovi su različiti za svakog ispitanika i neophodno je njihovo prepodešavanje radi održavanja kvaliteta same elektrostimulacije. Predviđena je i mogućnost ponovnog podešavanja pomenutih pragova u slučaju pada performansi koje subjekat ostvaruje tokom eksperimenta. Eksperiment je podeljen u pet celina, a svaka celina sastoji se iz određenog broja sesija. Celine obuhvataju trening i četiri tipa eksperimenta. Ispitanici su vođeni kroz ceo eksperiment, a na osnovu pregledanih rezultata nakon svake sesije objašnjava im se šta mogu odnosno šta treba da koriguju u cilju boljeg izvođenja zadataka. Maksimalno predviđeno vreme trajanja svake eksperimentalne celine je 1 čas. Celina je takođe podeljena na različite podceline, a podceline su sačinjene od sesija. Pojedinačne sesije traju 120 sekundi. Između podcelina predviđena je kratka pauza od 180 sekundi. Predviđene su i pauze između pojedinačnih sesija ne duže od 60 sekundi, po potrebi ispitanika.

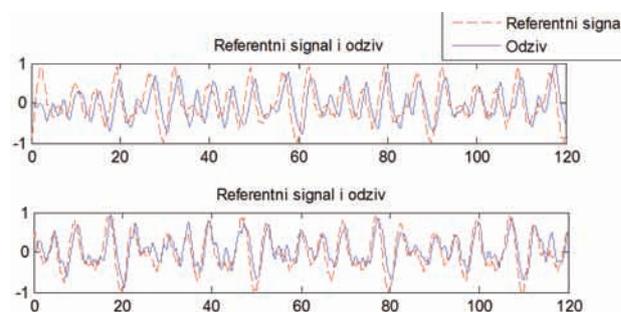
Nakon prolaska kroz inicijalni trening i upoznavanja sa okruženjem ispitanik izvršava zadatke kompenzatornog praćenja nad sva 4 sistema i sva 3 referentna signala, uz vizuelnu ili elektrokutanu povratnu spregu, a u skladu sa eksperimentalnim protokolom. Pojedinačne sesije u svakoj celini ponavljaju se do postizanja stabilnih performansi (primer - Slika 5) ili do isteka maksimalno predviđenog vremena za celinu. Dinamika napretka je individualna. Ispitanici su bili većinom studenti raznih profila Univerziteta u Novom Sadu, ali i profesori i asistenti sa katedre za Signale i sisteme Fakulteta Tehničkih Nauka. Zastupljena su oba pola – 6 muškaraca i 4 žene. Ispitanici su različite starosti, od 21 do 38 godina. Nijedan od učesnika u eksperimentu nije imao zdravstvenih problema u periodu izvođenja eksperimenta a svi su bili unapred motivisani za rad.

#### 4. REZULTATI

Prilikom identifikacije parametara nepoznatog sistema osnovno polazište jeste da se na osnovu postojećih ulaza i posmatranih izlaza dođe do traženog sistema. Za potrebe obrade rezultata dobijenih ovim eksperimentom analiza se vrši u kolu zatvorene sprege u frekvencijskom domenu, a na osnovu pohranjenih signala iz jedne seanse

eksperimenta. Frekvencijski odziv ispitanika dobija se spektralnom analizom u vidu Bodeovog dijagrama. U daljem postupku je moguće fitovati funkciju prenosa kroz dijagram. Postupak fitovanja funkcije prenosa nije obuhvaćen ovim radom.

Svi ispitanici su sa velikom lakoćom savladavali sve zadatke sa vizuelnom povratnom spregom. Već pri prvom zadatku ispitanici shvataju da treba da upravljaju suprotno od pravca kretanja markera na ekranu. U radu sa elektrokutanom povratnom spregom ispitanici su se uglavnom suočavali sa dva tipična problema – sa oscilacijom u odzivu i sa podbacivanjem u praćenju. Prvi nastaje pri previše agresivnom upravljanju, a drugi usled lošeg osećaja koje elektrostimulacija proizvodi. Oba problema su rešiva i eliminisana su treningom i redovnim prepodešavanjem pragova stimulacije. Napredak utreniranosti ispitanika kroz trening prikazan je na Slici 4.



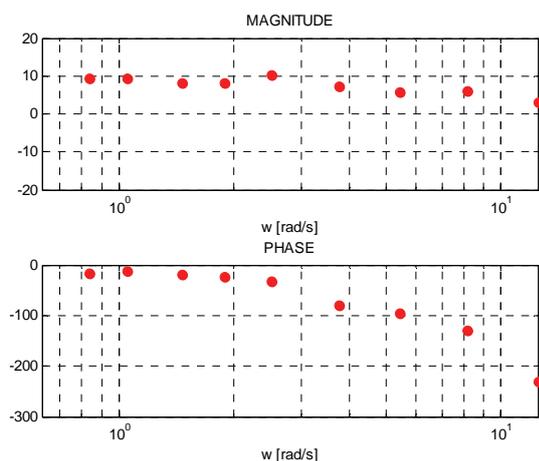
Slika 4 - Poređenje odziva sistema prilikom upravljanja jednog ispitanika na početku i na kraju treninga. Na donjoj slici vidi se manje odstupanje odziva u odnosu na referentni signal (vrednosti kroskorelacionog faktora su redom 38% i 81%.)

Pokušaj	Sr. kv. greška	Ukupna greška	Kroskorelacioni fak.
1	0,289257	2772,063	77,55992
2	0,254129	2410,779	81,91998
3	0,253744	2446,703	82,09013
4	0,234129	2310,689	83,51908
5	0,253793	2485,026	83,86391
6	0,260242	2549,71	85,02794
7	0,245646	2422,993	86,84038
8	0,238229	2346,606	86,19612

Slika 5 - Tabelarni prikaz napretka za jednog ispitanika prilikom izvođenja jednog zadatka. Kroskorelacioni faktor popravlja se iz sesije u sesiju da stabilizacije.

Prelazak sa sistema 1 na sistem 2 nije predstavljao problem nijednom od ispitanika. Međutim, prelazak na sistem 3, a posebno na sistem 4, zahtevao je veći napor za većinu ispitanika. Prelazak sa sistema prvog reda (sistemi 1 i 2) na sisteme drugog reda (sistemi 3 i 4) zahteva i ponovno prilagođavanje okruženju jer je upravljanje drugačije. Poslednja celina eksperimenta ujedno je i najzahtevnija za ispitanike, a upravljanje sistemom je najosetljivije. Kako je i bilo očekivano, manji broj ispitanika mogao je dovoljno kvalitetno da upravlja ovim sistemom.

Analizirajući dobijene amplitudske Bodeove dijagrame, dobijani su očekivani rezultati za sve tipove eksperimenta. U diplomskom-master radu dat je detaljan pregled svih analiziranih frekvencijskih karakteristika. Na slici 6 dat je jedan primer Bodeovih dijagrama koji odgovaraju individualnoj sesiji nad sistemom 2.



Slika 6 - Grafička predstava frekvencijskog odziva. Konkretno prikazuje sistem 2, povratnu spregu 2 i referentni signal 3.

Praćenje referentnog signala je bolje kod sporog multisinusa, ali su dobijani dijagrami kvalitetniji za brzi multisinus. U predviđenom vremenskom okviru za rad na svakoj celini eksperimenta ispitanici su uspevali da odrade razuman broj pokušaja. Ispitanicima je data sloboda u izboru strategije upravljanja džojstikom pa su na različite načine upravljali za različite sisteme. Tokom rada savetovano im je da zadrže jedan način upravljanja kada ostvare vidno kvalitetne performanse, a radi stabilizacije rezultata. Često su ispitanicima bile potrebne pauze u kojima bi se odmorili, ali i u kojima bi im se objašnjavalo da zadaci postaju teži, da ne moraju sve performanse obavezno biti visoke itd. Svi ispitanici bili su u stanju da završe eksperiment do kraja, iako je drastičan pad performansi u radu na poslednjem sistemu bio dodatni demotivirajući faktor pored umora, pa je privođenje kraju bilo manje uspešno.

## 5. ZAKLJUČAK

Kraćom analizom ostvarenih rezultata potvrđene su teze prethodnih istraživanja [2][3] da je upravljanje na osnovu elektrostimulacione povratne sprege moguće, ali da moraju biti sprovedena opsežnija ispitivanja o najpogodnijem načinu korišćenja elektrostimulacije u sprezi sa čovekom. Prilikom poređenja kvaliteta upravljanja sa dve različite sprege neznatno bolje performanse ostvarene su pri zadacima sa vizuelnom povratnom spregom, ali je uočeno da se upravljanje uz elektrostimulacionu povratnu spregu može poboljšavati treningom.

Dalji koraci istraživanja vezani su za detaljniju analizu dobijenih rezultata. Potrebno je objediniti rezultate svih ispitanika. Nakon fitovanja funkcija prenosa za usrednjene rezultate moglo bi da se govori više o samom opisanju čovekovog upravljanja. Jedna od ključnih stvari za ispitivanje treba da bude uočavanje optimalnih područja za lepljenje elektroda radi dobijanja podjednako jasnog osećaja stimulacije kod svih ispitanika.

Takođe, trebalo bi razmisliti i o promeni eksperimentalnog protokola ili podeli zadataka na više grupa ispitanika jer se ovakav rad na momente pokazao previše napornim za ispitanike kojima je povremeno nedostajalo motivacije za rad koji zahteva punu koncentraciju.

## 6. LITERATURA

- [1] D. T. McRuer, "Human Dynamics in Man-Machine Systems", Automatica, Vol. 16, 1979.
- [2] M. A. Hofmann and N. W. Heimstra, "Tracking Performance with Visual, Auditory, or Electrocutaneous Displays", The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, Vol. 14, No. 2, 1972.
- [3] T. R. Schori, "Tracking Performance as a Function of Precision of Electrocutaneous Feedback Information", The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, Vol. 12, No. 5, 1970.
- [4] D. T. McRuer and E. S. Krendel, "Human Operator as a Servo System Element parts I & II", Journal of the Franklin Institute Vol. 267, No. 5 & 6, 1959.
- [5] C. N. Tupper and G.C. Gerhard, "Improved Prosthesis Control via High Resolution Electro-tactile Feedback", Biomedical Engineering Center, Dept. of Electrical and Computer Engineering, University of New Hampshire, 1989.
- [6] D. Desmond and M. MacLachlan, "Psychological issues in prosthetic and orthotic practice: a 25 year review of psychology", Prosthetics and Orthotics International, Vol.26, No.182, 2002.
- [7] A. H. Arieta, K. Dermitzakis, D. Damian, "Sensory Feedback for body awareness in prosthetic applications", Institute of Neuromorphic Engineering, University of Zurich, 2010.

### Kratka biografija:



**Milan Pisarić** rođen je 21.01.1988. godine u Novom Sadu. Osnovnu školu završio je u Futogu, gde i danas živi. Nakon završene Gimnazije „Svetozar Marković“ u Novom Sadu, 2007. godine se upisuje na Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Računarstvo i Automatika. Na katedri za Automatiku i upravljanje sistemima diplomira 2011. godine sa prosečnom ocenom 9.53/10 i upisuje master studije na smeru Biomedicinski inženjering.

PRIMENA VAADIN OKRUŽENJA ZA RAZVOJ POSLOVNIH APLIKACIJA  
 ENTERPRISE APPLICATIONS DEVELOPMENT USING VAADIN FRAMEWORK

Bogdan Đorđević, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U radu je prikazan razvoj poslovnih aplikacija korišćenjem Vaadin okruženja. Realizovan je primer aplikacije poslovnog sistema za plasman robe i usluga.

**Abstract** – This paper presents the development of the enterprise applications using the Vaadin framework. The application for supporting the sale of goods and services was used as a case-study.

**Ključne reči:** RIA, vaadin, web aplikacije, poslovni sistemi, poslovne aplikacije

1. UVOD

Vaadin [1] predstavlja razvojno okruženje koje koristi Javu kao programski jezik za razvoj RIA (Rich internet application) [2] aplikacija. Razvijen je kao server-side solucija što znači da se većina logike odvija na serverskoj strani, a na klijentskoj strani se koristi HTML i AJAX (Asynchronous JavaScript + XML) [3] tehnologija kako bi se obezbedila što bolja interakcija sa korisnicima. Aplikacije se razvijaju na principu event-driven programiranja, što je po svojim karakteristikama bliže razvoju desktop aplikacija, nego tradicionalnom razvoju web aplikacija sa HTML stranicama i JavaScript-om.



Slika 1. Arhitektura Vaadin okruženja

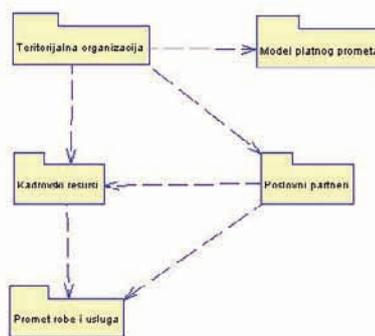
Na slici 1 je prikazana osnovna arhitektura Vaadin okruženja. On se sastoji iz okruženja na serverskoj strani (server-side framework) i klijentskog modula (client-side engine) koji se izvršava kao JavaScript program u pretraživaču i uloga mu je da renderuje korisnički interfejs kao i da obezbedi komunikaciju između klijenta i servera. Serverska strana aplikacije se izvršava u okviru Java aplikacionog servera. Jezgro Vaadin okruženja je Java biblioteka koje jedezajnirana za lako kreiranje i održavanje web baziranih korisničkih interfejsa. Ona sadrži već gotove komponente korisničkog interfejsa spremne za upotrebu, a obezbeđena je i mogućnost kreiranja novih komponenti uz mogućnost vizuelnog kreiranja pomoću Visual Designer alata.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Goran Sladić.

2. MODEL POSLOVNE APLIKACIJE

Implementirana poslovna aplikacija predstavlja softverski paket za evidenciju i plasman robe i usluga (paket „Promet robe i usluga“ prikazan na slici 2.). Aplikacija omogućava vođenje evidencije o plasmanu robe i pruženim uslugama uz praćenje poreskog sistema, takođe omogućava i vođenje evidencije o preduzećima i zaposlenima. Paket je deo poslovnog sistema [4] prikazanog na slici 2.



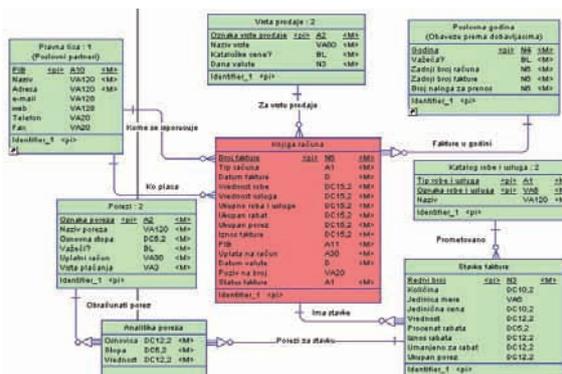
Slika 2. Model poslovnog sistema

2.1. Model podataka

Implementirani model podataka je radi bolje preglednosti podeljen na 2 celine:

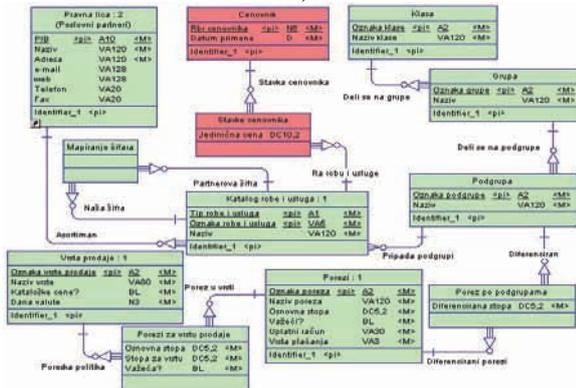
- Evidentiranje knjige računa
- Evidentiranje cenovnika robe i usluga uz praćenje poreskog sistema

**Evidentiranje knjige računa** omogućava vođenje evidencije o fakturama preduzeća (entitet *Knjiga Računa* sa slike 3.) i obuhvata sledeće entitete: fakture, vrsta prodaje, poslovna godina, roba i usluge(entitet *Katalog robe i usluga* sa slike 3.), stavke fakture, analitika poreza, porezi i preduzeća (entitet *Pravna lica* sa slike 3.).



Slika 3. Model evidentiranja knjige računa

Evidentiranje cenovnika robe i usluga uz praćenje poreskog sistema je prikazano na slici 4. i obuhvata sledeće entitete: cenovnik, stavke cenovnika, klasa, grupa, podgrupa, roba i usluga(entitet *Katalog robe i usluga* sa slike 4.), porezi, porez po podgrupama, porez za vrstu prodaje, vrsta prodaje, mapiranje šifara i preduzeća (entitet *Pravna lica* sa slike 4.)



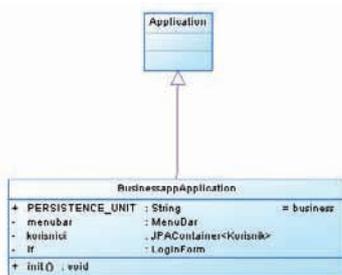
Slika 4. Model evidentiranja robe i usluga

## 2.2. Model aplikacije

Model aplikacije je zbog kompleksnosti prikaza podeljen na klase prema njihovoj funkcionalnosti u aplikaciji:

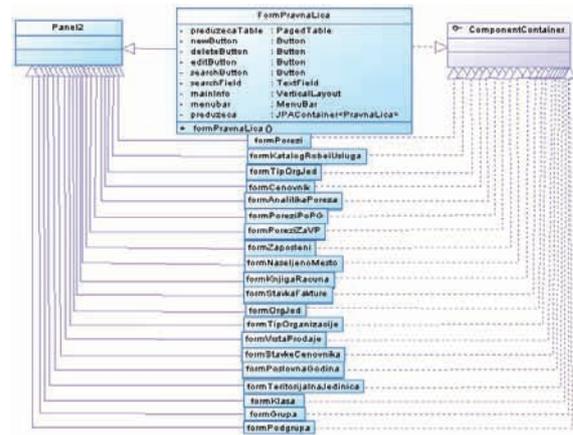
- Osnovna klasa aplikacije
- Forme aplikacije
- Editori aplikacije
- Selektori aplikacije
- Klasa za generisanje izveštaja

**Osnovna klasa aplikacije** (klasa *Businessapp-Application*) se prva instancira pri pokretanju aplikacije. Od atributa poseduje string konstantu za uspostavljanje konekcije sa bazom, meni za forme, *JPAContainer* za potrebe prijavljivanja i formu za prijavljivanje. Nasledjuje klasu *Application* i prikazana je na slici 5.



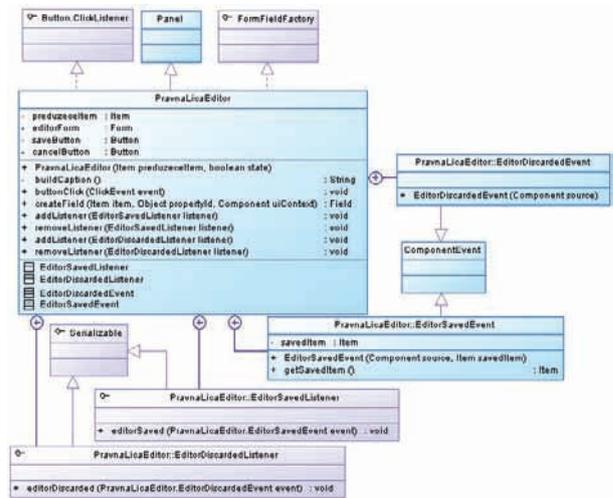
Slika 5. Dijagram osnovne klase aplikacije

**Forme aplikacije** predstavljaju forme koje se dodaju na osnovnu formu aplikacije. Instanciraju se selekcijom iz menija osnovne klase. Nasleduju klasu *Panel* i implementiraju interfejs *ComponentContainer*. Od atributa poseduju tabelu, meni za *button*-e, osnovne *button*-e (dodavanje, uklanjanje, izmena, pretraga), tekstualno polje za pretragu i *JPAContainer* za popunjavanje tabele. Na slici 6. su prikazane sve klase formi aplikacije, s tim da su prikazani atributi samo klase *FormPravnaLica*, jer su identični atributi za svaku formu.



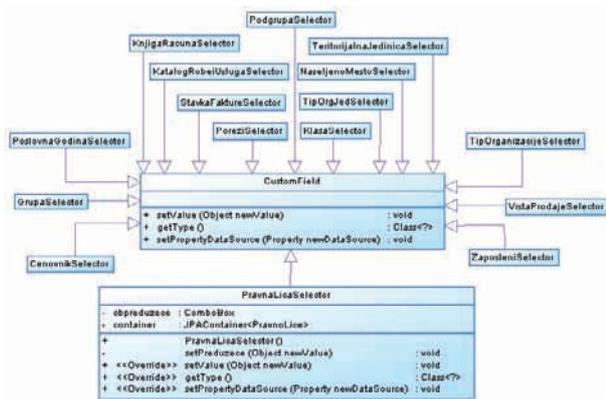
Slika 6. Dijagram klasi formi aplikacije

**Editori aplikacije** omogućavaju dodavanje novih, izmenu postojećih i prikazivanje elemenata iz tabele koja se nalazi u klasi formi aplikacije. Klase editora nasleduju klasu *Panel* i implementiraju interfejs *Button*. *ClickListener* (implementacija omogućava detekciju kliknutog dugmeta i odgovarajuću reakciju) i *FormFieldFactory* (implementacija omogućava validaciju unetih podataka u editor). Unutrašnje (*inner*) klase *EditorSavedEvent* i *EditorDiscardedEvent* i interfejsi *EditorSavedListener* i *EditorDiscardedListener* omogućavaju registrovanje akcije kada korisnik želi da sačuva izmene ili kada odustane od njih. Na slici 7. je prikazana klasa editora *PravnaLicaEditor*, a ostali editora implementirani su na identičan način.



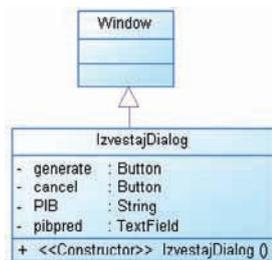
Slika 7. Dijagram klase PravnaLicaEditor

**Selektori aplikacije** implementiraju *combobox* komponentu i služe u slučajevima kada postoji relacija jedan na prema više (*one-to-many*) između entiteta. Klase selektora nasleduju klasu *CustomField*, koja je dodatak za Vaadin. Na slici 8. je prikazan dijagram klase selektora, s tim da su atributi i metode prikazani jedino u klasi *PravnaLicaSelector*, dok se u ostalim klasama realizuju na identičan način.



Slika 8. Dijagram klase PravnikaLicaSelektor

**Klasa za generisanje izveštaja** služi sa generisanje svih faktura izabranog preduzeća i poziva se iz menija osnovnog prozora aplikacije. Ova klasa nasleđuje klasu *Window*. Od atributa poseduje dugmad za generisanje izveštaja i za otkazivanje generisanja, tekstualno polje za unos PIB-a preduzeća i string atribut za prihvatanje unešenog PIB-a. Na slici 9. je prikazan dijagram klase za generisanje izveštaja (klasa *IzvestajDialog*).



Slika 9. Dijagram klase IzvestajDialog

### 3. IMPLEMENTACIJA SISTEMA

Implementacija sistema realizovana je korišćenjem *Eclipse IDE* razvojnog okruženja sa odgovarajućim vaadin plug-in dodatkom. Realizacija baze podataka je izvršena na *SUBP Microsoft SQL Server 2005*. Aplikativni server nad kojim je realizovana aplikacija je *Apache Tomcat 7.0.12*. Rešenje je realizovano i testirano pod operativnim sistemom *Window XP*.

Implementacija aplikacije se može podeliti na dve celine:

- Implementacija modela podataka
- Implementacija GUI-a

#### 3.1. Implementacija modela podataka

Implementacija modela podataka je realizovana kreiranjem entiteta (klasa) i relacija između njih na osnovu modela iz odeljka 2.1. uz upotrebu odgovarajućih Java anotacija iz *JPA* [5] specifikacije.

#### 3.2. Implementacija GUI-a

Implementacija GUI-a predstavlja implementaciju modela iz odeljka 2.2 i može se podeliti na više zasebnih cellina: osnovni prozor aplikacije, forme aplikacije i generisanje izveštaja.

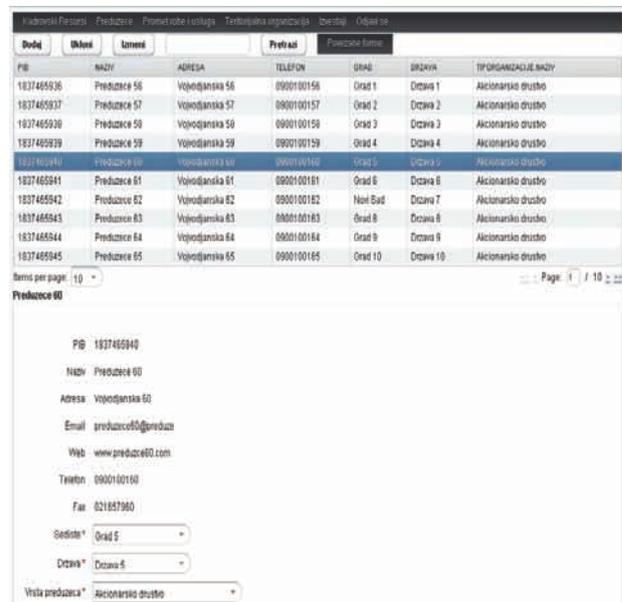
**Osnovni prozor aplikacije** predstavlja klasa *BusinessappApplication* koja se proglašava osnovnom klasom aplikacije pozivanjem metode *setMainWindow()* klase *Application*. Implementacija osnovnog prozora

aplikacije je prikazana na slici 10. Osnovni prozor aplikacije sadrži meni za pristup formama aplikacije.



Slika 10. Osnovni prozor aplikacije

**Forme aplikacije** se kao što se vidi sa slike 10. pozivaju iz osnovnog prozora aplikacije i pozvana forma se dodaje u osnovni prozor ispod menija. Kao primer implementirane forme prikazana je forma preduzeća na slici 11.



Slika 11. Forma preduzeća

Kao što se može videti sa slike 11. elemente forme čine opcije za dodavanje novog sloga u tabelu, izmena selektovanog sloga iz tabele, brisanje selektovanog sloga iz tabele, pretraga tabele, povezane forme i prikaz detaljnijih informacija o selektovanom slogu iz tabele.

Informacije o selektovanom slogu su editori aplikacije koji se dodaju na formu aplikacije. Editori se pored primene za prikaz informacija koriste i za dodavanje novih i izmenu postojećih i sadrže validatore za proveru unetog sadržaja. Na slici 12. je prikazan editor u slučaju unosa nekorektnog sadržaja od strane korisnika.

U sastavu editora se mogu naći selektori aplikacije i to u slučaju kada je potrebno realizovati relaciju više na prema jedan (*many-to-one*). Selektori u svom nazivu sadrže sufiks *Selector*.

Slika 12. Primer prikaza poruke usled nekorektnog unosa korisnika

Realizovani su u vidu *combobox* komponente i primer implementacije su selektori u editoru preduzeća prikazani su na slici 13.

Slika 13. Selektori unutar editora preduzeća

**Generisanje izveštaja** je implementirano uz pomoću *JasperReports*-a i implementiranih izveštaja u *iReport* aplikaciji. Realizovana su 2 tipa izveštaja:

- Izveštaj koji sadrži spisak svih faktura odabranog preduzeća
- Izveštaj koji sadrži sve stavke određene fakture

**Izveštaj koji sadrži spisak svih faktura odabranog preduzeća** se poziva iz osnovnog prozora aplikacije (iz menija), kao što je prikazano na slici 14.



Slika 14. Izveštaj za odabrano preduzeće

Pozivanjem izveštaja iz osnovnog prozora otvara se novi prozor u aplikaciji (prikazan na slici 15.) i unosom PIB-a (poreski identifikacioni broj) dobija se izveštaj u *.pdf* formatu.

Slika 15. Prozor za generisanje izveštaja odabranog preduzeća

**Izveštaj koji sadrži sve stavke fakture** se poziva iz forme *Fakture* (koja je implementirana u klasi *FormKnjigaRacuna*) i potrebno je selektovati određenu fakturu i kliknuti na dugme za generisanje izveštaja. Na slici 16. je prikazan prozor aplikacije sa mogućnošću generisanja izveštaja iz forme aplikacije.

BROJ FAKTURE	TIP RACUNA	DATUM FAKTURE	STATUS FAKTURE	ISPORUCIO	PLACA	VRESTA PRODAJE	POSLOVNA GODINA
62	R	31-October 2012	0	STRAUS	Debitna	prodaja na verno	7

Slika 16. Generisanje izveštaja iz forme aplikacije

#### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prezentovan razvoj poslovnih aplikacija u Vaadin okruženju kroz primer implementacije sistema za plasman robe i usluga. Prezentovano okruženje omogućava razvoj web aplikacija po uzoru na razvoj desktop Java Swing aplikacija. Vaadin koristi GWT (*Google Web Toolkit*) [6] za renderovanje GUI-a u pretraživaču. GWT programi su pisani u Javi, ali kompajlirani u JavaScript-u, što pojednostavljuje razvoj takvih aplikacija jer ne zahteva direktno pisanje velikih količina *JavaScript* programskog koda.

Kao dalji korak u razvoju aplikacije, moguća je standardizacija određenih komponenti interfejsa (forme, editora i selektora), kao i njihovih mehanizama za rukovanje podacima (dodavanje, izmena, uklanjanje, pretraga i povezivanje formi). Takođe, moguća je i implementacija generatora koda za Vaadin okruženje.

#### 5. LITERATURA

- [1] Vaadin, <https://vaadin.com/home>
- [2] Wikipedia, "Rich Internet application", [http://en.wikipedia.org/wiki/Rich\\_Internet\\_application](http://en.wikipedia.org/wiki/Rich_Internet_application)
- [3] Wikipedia, "Ajax (programming)", [http://en.wikipedia.org/wiki/Ajax\\_\(programming\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Ajax_(programming))
- [4] Model aplikacije preuzet sa predmeta Poslovna informatika, <http://informatika.ftn.uns.ac.rs/PI>
- [5] *Java persistence API*, <http://docs.oracle.com/javaee/6/api/javax/persistence/package-summary.html>
- [6] *Google Web Toolkit*, <https://developers.google.com/web-toolkit/>

#### Kratka biografija:



**Bogdan Đorđević** rođen je u Odžacima 1987. god. Apsolvent je na master studijama na Fakultetu Tehničkih Nauka u Novom Sadu.

**GEOGRAFSKI ZAVISNO ODREĐIVANJE VAŽEĆIH SAOBRAĆAJNIH PRAVILA  
LOCATION BASED DETERMINATION OF APPLICABLE TRAFFIC RULES**Milan Božić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U okviru ovog rada implementirana je aplikacija za Android operativni sistem koja obavestava korisnika o važećim saobraćajnim pravilima. Aplikacija je u stanju da prepozna koje je saobraćajno pravilo korisnik prekršio i da ga istog momenta obavesti o tome, kako bi na vreme mogao da reaguje. Aplikacija koristi GPS kako bi dobila trenutnu geografsku poziciju Android uređaja i OpenStreetMap bazu podataka kako bi došla do potrebnih informacija koje su vezane za tu geografsku poziciju.

**Abstract** – In this paper an Android application which informs a user about applicable traffic rules is implemented. The application is able to detect when the user has violated traffic rules. It uses GPS to determine current location of Android device and OpenStreetMap database to get the necessary information related to the geographic location.

**Cljučne reči:** *Android, OpenStreetMap, GPS, location based services, Prolog*

**1. UVOD**

Zahvaljujući razvoju pametnih telefona i GPS prijemnicima koji se nalaze u tim telefonima, danas je veoma lako utvrditi gde se na zemaljskoj kugli nalazi određeni uređaj koji ima GPS, tj. koja je njegova geografska širina i geografska dužina. Ove karakteristike omogućavaju da se na kartama predstavi trenutna pozicija uređaja, a samim tim i njegovog korisnika.

Pojava Android operativnog sistema koji podržava rad sa GPS uređajima i napredak u razvoju pametnih telefona i tabličnih računara dovela je do toga da je danas svakom dostupna tehnologija koja omogućava GPS navigaciju. Na tržištu postoje mnoge aplikacije napisane za Android operativni sistem koje omogućavaju GPS navigaciju korisnicima. Međutim, skoro nijedna od tih aplikacija ne pruža korisnicima informaciju o saobraćajnim propisima koji važe na nekom delu puta, a to bi bilo od velike koristi za korisnike, jer svaka oblast ima svoje specifične saobraćajne propise koje korisnici nedovoljno poznaju.

Zbog navedenog problema i nedostataka ostalih Android GPS navigacionih aplikacija, u okviru ovog rada je realizovana aplikacija čiji zadatak je da obavestava korisnika o saobraćajnim propisima koji važe na delu puta na kom se nalazi ili u oblasti u kojoj se nalazi i da ga obavesti ukoliko je prekršio neko saobraćajno pravilo. U implementaciji aplikacije korišćena je *OpenStreetMap*

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Stevan Gostojić, docent**

iz razloga što je njena baza podataka besplatna i javno dostupna svakom.

**2. ANDROID**

Android je operativni sistem baziran na izmenjenoj verziji Linux operativnog sistema. Njegova primarna upotreba je u mobilnim telefonima i tabličnim računarima, ali poslednjih godina našao je primenu i u televizorima, adapterima za digitalnu televiziju, pa čak i u automobilima. Android je operativni sistem koji se najbrže širi među mobilnim uređajima i svakog meseca se pojavi preko 10 hiljada novih aplikacija. Trenutno postoji preko 700 hiljada dostupnih aplikacija napisanih za Android, koji su dostupni preko *Google Play Store*.

**2.1. Osobine Android operativnog sistema**

Do sada se pojavilo 12 verzija operativnog sistema Android. Poslednja verzija operativnog sistema Android je 4.2 *Jelly Bean* koja se pojavila 13.11.2012. godine. Svaka verzija operativnog sistema donosi neke nove funkcije.

U osobine Android operativnog sistema spadaju: sopstvena relacionalna baza podataka SQLite za skladištenje podataka, podrška za SMS i MMS poruke, podrška za povezivanje preko: *GSM/EDGE, IDEN, CDMA, EV-DO, UMTS, Bluetooth (uključujući A2DP i AVRCP), Wi-Fi, LTE, i WiMAX, medija podrška za: H.263, H.264 (u 3GP ili MP4 kontejneru), MPEG-4 SP, AMR, AMR-WB (u 3GP kontejneru), AAC, HE-AAC (u MP4 ili 3GP kontejneru), MP3, MIDI, Ogg Vorbis, WAV, JPEG, PNG, GIF, i BMP, podrška za: Accelerometer i Proximity senzore, kameru, digitalni kompas i GPS, podrška za multitač (istovremeno praćenje više pritisaka na ekran uređaja), podrška za mini aplikacije, višeprocensni rad, višekorisnički OS (svaka aplikacija se izvršava kao poseban korisnik) [1].*

**2.2. Arhitektura Android operativnog sistema**

Arhitekturu operativnog sistema Android čine pet komponenti raspoređenih u četiri sloja: *Linux kernel, Libraries, Android runtime, Application framework, Applications* [2].

*Linux kernel* - na njemu je baziran Android OS. Ovaj sloj sadrži sve drajvere koji omogućavaju rad hardverskih komponenti Android uređaja.

*Libraries* - sadrži sve klase koje obezbeđuju glavne osobine Android OS. One su grupisane u 9 biblioteka: *Surface Manager, Open GL|EL, SGL, Media Framework, FreeType, SSL, SQLite, WebKit, libc*.

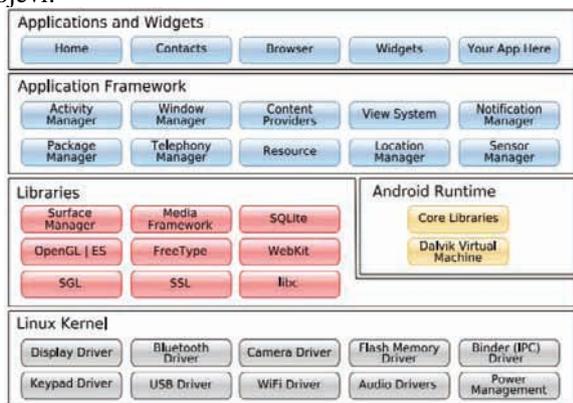
*Android runtime* - pripada istom sloju kao i *Libraries* i sadrži skup biblioteka potrebnih programerima za pisanje aplikacija uz korišćenje Java programskog jezika. Takođe, sadrži Dalvik Virtual Machine za izvršavanje Android

aplikacija. Dalvik virtuelna mašina je specijalno napravljena za Android operativni sistem i razlikuje se od JVM (*Java virtual machine*).

*Application framework* - sadrži deset komponenti za upravljanje: životnim ciklusom aplikacije, instaliranim aplikacijama na Android uređaju, prikazom sadržaja na ekranu, radom telefona na Android uređaju, razmenom podataka između aplikacija, resursima koji su deo aplikacije, ulazno/izlaznim komponentama i obradom korisničkih događaja, GPS-om i drugim izvorom podataka o lokaciji, obaveštenjima i senzorima.

*Applications* - najviši sloj u arhitekturi Android operativnog sistema koji sadrži sve aplikacije koje se nalaze na Android uređaju.

Na slici 1 prikazana je arhitektura operativnog sistema Android sa slojevima i komponentama koje sadrže ti slojevi.



Slika 1. Arhitektura Android OS [3]

### 2.3. Projektovanje Android aplikacija

Svaka Android aplikacija se sastoji od raznih funkcionalnosti [4]. Te funkcionalnosti se mogu rasporediti na četiri vrste: *Activity*, *Service*, *BroadcastReceiver*, *ContentProvider*. Najčešće korišćena komponenta je *Activity* koja predstavlja određenu aktivnost korisnika.

Druga važna komponenta Android aplikacije je *Service*. Servis se izvršava u pozadini bez interakcije sa korisnikom i može biti pokrenut i zaustavljen od bilo koje druge komponente Android aplikacije. Takođe sam servis može sebe da zaustavi.

Komponenta *BroadcastReceiver* osluškuje i reaguje na neki događaj kao što su: pristizanje nove poruke, pritisnuto dugme za kameru, baterija prazna, instalirana nova aplikacija i slično. Aplikacija može imati neograničen broj prijemnika koji i svi oni nasleđuju *BroadcastReceiver* klasu.

Komponenta *ContentProvider* omogućava da određeni skup podataka aplikacije bude dostupan drugim aplikacijama. Podaci mogu biti skladišteni u fajl sistemu ili u SQLite bazi podataka. *ContentProvider* sadrži metode za skladištenje podataka i učitavanje podataka.

## 3. OPENSTREETMAP

OSM (*OpenStreetMap*) je projekat virtuelne zajednice s ciljem stvaranja slobodne svima dostupne mape sveta koju svako može sam doradivati i ispravljati. Karte na OSM su doprinos saradnika koji učestvuju u razvoju OSM. Svakim danom ima sve više saradnika koji

učestvuju u razvoju OSM i oni su organizovani po državama u kojima žive. Trenutno ima preko 900 hiljada saradnika koji učestvuju u razvoju OSM.

### 3.1. Model podataka OpenStreetMap

U *OpenStreetMap* modelu podataka postoje tri osnovna koncepta pomoću kojih je sve ostalo definisano. Ta tri koncepta su: *node* (tačka u prostoru), *way* (linearna karakteristika ili oblast) i *relation* (veza između ostalih elemenata). Svaki od ova tri elementa može da ima jedan ili više elemenata *tag*.

Element *node* je jedan od glavnih elemenata u *OpenStreetMap* modelu podataka. On predstavlja geoprostornu tačku sa geografskom širinom i geografskom dužinom. Pored geografske širine i geografske dužine ovaj element može da sadrži i treću dimenziju, a to je nadmorska visina. *Node* može da predstavlja samostalnu tačku u prostoru sa njenim karakteristikama ili da se koristi za definisanje dela puta.

Element *way* je uređena lista elemenata *node* koji imaju najmanje jedan *tag* ili su uključeni u neku relaciju. On može biti otvoren ili zatvoren. Zatvoren *way* (put, linija) je onaj čija prva tačka ujedno i poslednja. Zatvoreni *way* se može interpretirati kao *closed polyline* ili kao *area*.

Element *relation* je jedan od glavnih elemenata *OpenStreetMap* modela podataka koji ima sopstvene tagove. Relacija se sastoji od uređene liste nodes, ways i drugih relacija kao članova relacije. Članovi relacije mogu imati dodeljenu ulogu u okviru relacije. Pojedinačni element može više puta biti uključen u relaciju, a relacija može biti uključena u drugu relaciju.

Tagovi se koriste za opis osnovnih elemenata (nodes, ways, relations). Svaki tag se sastoji iz dva atributa *key* (ključ) i *value* (vrednost). Atribut ključ služi za identifikovanje taga, a atribut vrednost za opisivanje vrednosti tog taga. I ključ i vrednost su tekstualnog formata.

### 3.2. Proširenje taga *traffic\_sign*

Tag *traffic\_sign* se koristi da označi saobraćajni znak, kao što je npr. maksimalna brzina u nekom gradu, zabrana saobraćaja za pojedine kategorije vozila i ostali saobraćajni znaci. Može da se koristi u dva slučaja: da označi poziciju realnog fizičkog znaka i da označi listu saobraćajnih znakova koji mogu da se primene na neki put ili oblast.

Tag *traffic\_sign* može da se dodeli i nekoj tački i nekom putu i nekoj oblasti. Kada se koristi da označi poziciju nekog realnog fizičkog saobraćajnog znaka on se dodeljuje tački koja se nalazi pored puta i koja predstavlja realnu fizičku poziciju tog saobraćajnog znaka.

Za ovaj rad je značajnija njegova druga upotreba, a to je da označi listu saobraćajnih pravila koja se primenjuju na nekom putu ili u nekoj oblasti. U tom slučaju nije neophodno označiti realnu poziciju saobraćajnog znaka, nego samo deo puta ili oblast u kojoj se primenjuje taj saobraćajni znak.

Kada se koristi za dodelu liste saobraćajnih znakova nekom delu puta, oblasti ili mestu, tag *traffic\_sign* sadrži niz vrednosti koje predstavljaju saobraćajne znakove dodeljene tom putu ili oblasti. Te vrednosti su definisane

u skladu sa utvrđenim pravilima, a ta pravila su: svaki saobraćajni znak počinje sa dva velika slova koja predstavljaju oznaku države (npr. za Srbiju to je RS, za Nemačku DE, ...), iza oznake države stoje ":", a zatim redni broj saobraćajnog znaka u skladu sa oznakama koje se koriste u datoj državi.

Ako saobraćajni znak ima neki parametar kao što su: maksimalna brzina, dužina, širina i ostalo, taj parametar se navodi u uglastim zagradama "[ ]". Ako postoji kombinacija dva ili više saobraćajnih znakova ti znakovi se razdvajaju zarezom, dok znakovi koji nisu u kombinaciji se razdvajaju tačka-zarezom. Primer taga *traffic\_sign* je DE:108 [10].

#### 4. DIZAJN I IMPLEMENTACIJA APLIKACIJE

Aplikacija koja je realizovana u okviru ovog rada je implementirana za Android operativni sistem uz korišćenje *OpenStreetMap* za prikaz mape i dobijane podataka o saobraćajnim pravilima i uz korišćenje *XProlog-a* za logičko programiranje i dobijanje informacija o prekršenim saobraćajnim pravilima.

Za utvrđivanje da li su neka saobraćajna pravila prekršena koristi se predikatska logika i *XProlog*. *XProlog* je interpreter programskog jezika Prolog (*PROgraming in LOGic*) koji je implementirana u Java programskom jeziku. Saobraćajna pravila se prosleđuju *XProlog-u*, koji na osnovu unapred definisane baze pravila utvrđuje da li je neko saobraćajno pravilo prekršeno, a rezultat koji vraća se prikazuje u aplikaciji kao trepereći saobraćajni znak (ukoliko je saobraćajno pravilo prekršeno).

Za dobijanje podataka o mestu i geografskoj tački na kojoj se nalazi korisnik koristi se *OpenStreetMap* baza podataka. Da bi se dobili ti podaci, neophodno je parsirati .osm datoteku (u kojoj je serijalizovan deo *OpenStreetMap* mape). Za parsiranje .osm datoteke koristi se SAX (*Simple API for XML*) parser. Pomoću SAX parsera dobijamo informacije o svim elementima *OpenStreetMap* modela podataka.

Da bismo utvrdili lokaciju mesta i ulice u kojoj se trenutno nalazimo na osnovu dobijenih GPS koordinata (geografske širine i dužine) koristi se *OpenStreetMap* servis za geokodiranje *Nominatim*. *Nominatim* je servis za pretraživanje *OpenStreetMap* baze podataka.

Takođe poseduje funkcije za *reverse geocoding* tj. pretraživanje i dobijanje podataka na osnovu geografske dužine i širine. Za rad sa *Nominatim* servisom se koristi skup klasa koje se nalaze u okviru *osmbonuspack\_v3.1.jar* biblioteke koja je uključena u aplikaciju. Iz skupa klasa koje se nalaze u ovoj biblioteci za aplikaciju je najznačajnija klasa *GeocoderNominatim.java* koja je slična Android klasi *Geocoder.java* i pomoću koje na osnovu geografske lokacije dobijamo informacije o mestu i ulici u tom mestu.

U skladu sa pravilima za kreiranje novih saobraćajnih znakova, kreirani su saobraćajni znaci koji važe na teritoriji Republike Srbije. Ti znaci se nalaze u XML datoteci koja se zove *idtrafficsign.xml*. Za ostale države potrebno je u ovu XML datoteku dodati saobraćajne znakove za tu državu u skladu sa definisanim pravilima.

Primer upotrebe taga *traffic\_sign* i XML datoteke *idtrafficsign.xml* je opisan na sedeći način

- u bazi podataka *OpenStreetMap* se nalazi podatak da na nekom delu puta ili u nekoj oblasti važi pravilo *traffic\_sign=RS:81[40]*;

1. RS - oznaka za Republiku Srbiju
2. 81 - oznaka saobraćajnog znaka "Ograničenje brzine"
3. [40] - parametar znaka koji govori da je brzina ograničena na 40 km/h

- u XML datoteci *idtrafficsign.xml* se nalazi: `<sign k='RS:81[40]' v='ogranicenje_brzine_40km(Brzina):- Brzina > 40.' />` tj. podatak da *RS:81[40]* predstavlja saobraćajni znak, koji je povezan sa saobraćajnim pravilom *'ogranicenje\_brzine\_40km (Brzina):- Brzina > 40.'* tj. zabranom saobraćaja za vozila koja se kreću brže od 40 km/h".

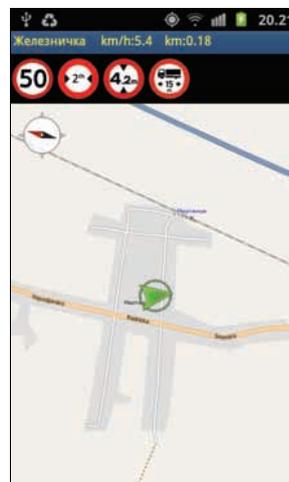
- parsiranjem OSM baze podataka i parsiranjem XML datoteke *idtrafficsign.xml* dolazimo do saobraćajnog pravila

- to saobraćajno pravilo prosleđujemo *XProlog-u* koji nam kao rezultat vraća podatak da li je pravilo prekršeno ili nije prekršeno

#### 5. KORIŠĆENJE APLIKACIJE

Ova aplikacija je implementirana tako da može da se koristi u bilo kom drumskom prevoznom sredstvu i zbog toga je neophodno uneti podatke o vozilu u kom se koristi. U te podatke spadaju: visina vozila, širina vozila, dužina vozila, maksimalna dozvoljena brzina vozila, težina vozila, osovinsko opterećenje i tip vozila.

Da bi aplikacija uopšte mogla da radi, neophodno je da je uspostavljen GPS signal i da je omogućen pristup internetu. Prilikom instaliranja aplikacije od korisnika se zahteva da dozvoli da aplikacija može da ima pristup internetu i da može da koristi GPS za precizno određivanje pozicije. Ukoliko nije uspostavljen GPS signal i ne postoji veza ka internetu, aplikacija neće moći da se koristi. Na slici 2 prikazan je izgled aplikacije nakon što je uspostavljen GPS signal tj. aplikacija je spremna za korišćenje.



Slika 2. Izgled aplikacije nakon uspostavljanja GPS signala

Kada se uspostavi GPS signal aplikacija je spremna za upotrebu. Zelenom strelicom se predstavlja trenutna geografska pozicija, i kako se vozilo kreće tako se i strelica pomera na mapi u pravcu kretanja vozila. Iznad mape prikazani su saobraćajni znaci koji važe na tom delu puta, a iznad saobraćajnih znakova nalaze se podaci o putu na kom se nalazite (oznaka puta ili ulica u naseljenom mestu), trenutnoj brzini na putu u km/h i ukupnom pređenom putu od starta u km. Ukoliko je neko saobraćajno pravilo prekršeno, znak koji odgovara tom saobraćajnom pravilu treperi i pri tome se čuje zvučni signal koji obaveštava korisnika o tome da krši neko saobraćajno pravilo.

## 6. ZAKLJUČAK

Aplikacija koja je implementirana u ovom radu koristi *OpenStreetMap* za prikaz mape i za dobijanje podataka o saobraćajnim pravilima koja važe na nekom delu puta. Na osnovu podataka koji se nalaze u *OpenStreetMap* bazi podataka i na osnovu implementirane logike u okviru aplikacije, ova aplikacija je u stanju da prikaže korisnicima saobraćajne propise koji važe na određenom delu puta za njegovo prevozno sredstvo. Takođe, aplikacija je u stanju da registruje ako korisnik prekrši neko saobraćajno pravilo i da ga obavesti o tome kako bi na vreme mogao da reaguje i ispravi grešku koju je napravio.

Dalji razvoj aplikacije može ići u sledećim pravcima: implementacija navigacije od početne do krajnje tačke, keširanje podataka da korisnik ne bi morao da bude povezan na internet, optimizacija *OpenStreetMap* baze podataka radi brže pretrage podataka, prikaz objekata na *OpenStreetMap* mapi (hoteli, restorani, banke, škole, itd.) i navigacija do tih objekata, praćenje statistike u toku putovanja i čuvanje putanje kretanja vozila u bazi podataka i njeno ponovno učitavanje iz baze podataka.

## 7. LITERATURA

- [1] Paul J. Deitel, Harvey M. Deitel, Abbey Deitel, Michael Morgano. *Android for programmers: An app-driven approach*. Pearson Education, Inc., New Jersey, 2011.
- [2] Satya Komatineni, Dave MacLean. *Pro Android 4*. Apress Media, New York, 2012.
- [3] Wei-Meng Lee. *Beginning Android 4 Application Development*. John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, 2012.
- [4] James Steele, Nelson To. *Android: Izrada aplikacija pomoću paketa Android SDK*. Mikro knjiga, Beograd, 2011.

### Kratka biografija:



**Milan Božić** rođen je u Sremskoj Mitrovici 1986. godine. Diplomski-master rad iz oblasti elektrotehnike i računarstva prijavio je na Fakultetu tehničkih nauka 2013. godine.

**ALGORITAMSKO UNAPREĐENJE VIZUELIZACIJE GRAFOVA  
AN ALGORITHMIC ENHANCEMENT OF GRAPH VISUALIZATION**Marina Bođa, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu predstavljeno je jedno od rešenja unapređenja algoritma za estetsku vizuelizaciju neusmerenih grafova. Implementiran je modifikovani Force-Based algoritam (FR algoritam) i predstavljeno poređenje sa drugim algoritmima za sličnu namenu kao i poređenje sa izvornim FR algoritmom. Prikazani su rezultati na slučajno generisanim grafovima i na grafovima koji predstavljaju šeme električne infrastrukture.

**Abstract** – This paper describes one of the solutions for enhancement of algorithm for aesthetic visualization of undirected graphs. A modified Force-Based algorithm (FR algorithm) is implemented and compared with other similar purpose algorithms and also compared with the native FR algorithm. Displayed results demonstrate graphs that are randomly generated and graphs that represent electric infrastructural schemes.

**Ključne reči:** Vizuelizacija grafova, Force-Based algoritam, FR algoritam, iscrtavanja neusmerenih grafova

**1. UVOD**

Vizuelizacija podataka je metod predavljanja informacija u grafičkom obliku. Crtanje grafova je jedna od tehnika vizuelizacije i dobija sve veći značaj u računarstvu. Objekti i veze među njima je najlakše predstaviti grafovima gde su objekti čvorovi grafa a veze ivice ili grane grafa. Vizuelizacija grafova je kompleksna i vremenski zahtevna operacija koja zahteva automatizaciju [1].

**2. GRAFOVI I NJIHOV ZNAČAJ U  
MODELOVANJU REŠENJA**

Grafovi se mogu podeliti na osnovu više kriterijuma i primeniti u vizuelizaciji u zavisnosti od različitih kriterijuma i željenog domena primene.

**2.1. Domen primene**

U ovom radu se proučavaju konačni, pravolinijski, neusmereni i neprazni grafovi bez petlji koji su pogodni za modelovanje šema električne infrastrukture.

**2.2. Važni aspekti crtanja grafova**

Dva važna aspekta za vizuelizaciju grafova su kompleksnost algoritma i estetski rezultat. Ove dve osobine su često u inverznoj zavisnosti i potrebno je naći njihov najbolji mogući odnos radi dobijanja brzih i

estetski kvalitetnih rešenja. Za kompleksnost algoritma je najbolje postići linearnu zavisnost. Estetika se izražava kroz težnju ka crtanju simetričnih grafova, čvorova jednako udaljenih i sa minimalnim presecanjem i krivljenjem ivica.

**3. ALGORITMI ZA CRTANJE GRAFOVA**

Tokom decenija proučavanja crtanja grafova, publikovani su mnogi algoritmi za crtanje različitih tipova grafova. U odnosu na kriterijume kojima su se vodili, oni se ponekad značajno razlikuju. Najpoznatiji algoritmi za iscrtavanje grafova su: Algoritam za ortogonalni raspored, Sugiyama algoritam, algoritam za planarno raspoređivanje, algoritam zasnovan na principu sistema opruge – Eades, algoritam Kamada i Kawai, algoritam Davidsona i Harela, Graph Embedder i algoritam zasnovan na LinLog modelu [2]. Ovi algoritmi su našli svoju primenu u drugim oblastima vizuelizacije, međutim, nisu bili adekvatni za modelovanje opisanog problema. Force-Based algoritam se pokazao kao najupešnji u rešavanju problema.

**4. IZVORNI FR ALGORITAM**

Algoritam predavlja unapređenje Eades-ovog algoritma i publikovan je od strane Fruchterman-a i Reingold-a.

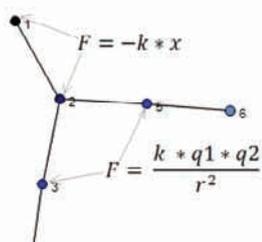
**4.1. Važne osobine**

Njegove najbolje osobine su izuzetna robusnost, lakoća implementacije i dobri estetski rezultati. Kompleksnost algoritma je kvadratna, dakle nepovoljna za grafove sa velikim brojem čvorova. Ova osobina pruža najviše mesta za unapređenje algoritma. Estetske osobine podrazumevaju simetrične rasporede, jednake udaljenosti čvorova, minimizaciju presecanja i usklađivanje sa okvirom [3].

**4.2. Osnovna ideja algoritma**

Osnovna ideja algoritma je preuzeta iz prirode i uzajamnog ponašanja čestica. Sile koje deluju na čestice su iskorišćene za izračunavanje pozicija čvorova u grafu. Sile privlačenja se računaju samo između direktno povezanih čvorova. One se računaju uz pomoć Hukovog zakona i jačina sile zavisi od njihovog rastojanja i konstante sile privlačenja. Sile odbijanja se računaju između svih čvorova uz pomoć Kulonovog zakona gde su od značaja konstanta sile odbijanja i inverzno kvadratno rastojanje među čvorovima. Slika 1 predavlja delovanje sile na čvorove u FR modelu.

**NAPOMENA:** Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red. prof.



Slika 1 Delovanje sile na čvorove grafa

Umesto računanja ubrzanja koje bi stvarne sile proizvele, u FR algoritmu se računaju brzine svih čvorova. Ovo je značajna razlika jer se, umesto dinamičkih sistema koje bi ubrzanje proizvelo, dostiže statička ravnoteža.

### 4.3. Implementacija i osnovni problemi

Broj iteracija algoritma je ograničen ili konstantom minimalne potrebne energije koju graf treba da dostigne ili maksimalnim brojem iteracija. Da bi se osiguralo da će se sistem postepeno zaustavljati, potrebno je uvesti i silu prigušivanja.

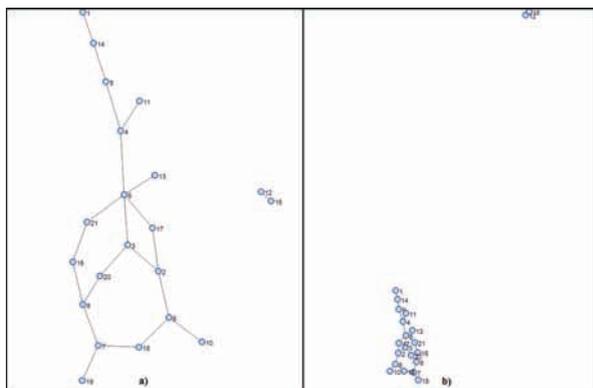
Sem velike kompleksnosti, problem koji može da se desi u ovom tipu algoritma je pojava grafa sa divergirajućim čvorom koji dovodi graf u nestabilno stanje. Ovakve čvorove je poželjno prinudno stabilizovati. Drugi od problema je pojava nepravilne klasterizacije pri čemu se klasteri previše odvajaju i nepotrebno približavaju okviru.

## 5. MODIFIKOVANI FR ALGORITAM

Na osnovu prethodno uočenih nedostataka algoritma, uvedene su modifikacije u izvorni algoritam i time unapređena dobijena rešenja. Modifikacije se uglavnom odnose na smanjenje kompleksnosti ali je rešen i problem nepravilne klasterizacije koji doprinosi crtanju estetski privlačnijih grafova.

### 5.1. Klasterizacija

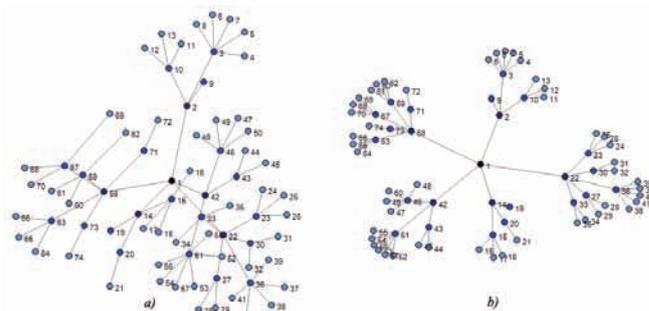
Klasterom se podrazumeva grupa čvorova sa puno internih, bez i jedne eksterne veze sa drugim grupama. Podela se postiže pretragom po dubini i nakon toga se klasteri smatraju odvojenim grafovima za koji se pojedinačno generišu rasporedi. Klasteri se sortiraju po broju čvorova i ređaju sa desna na levo. Slika 2 pokazuje primer grafa nad kojim je pod a) izvršena i pod b) neizvršena klasterizacija.



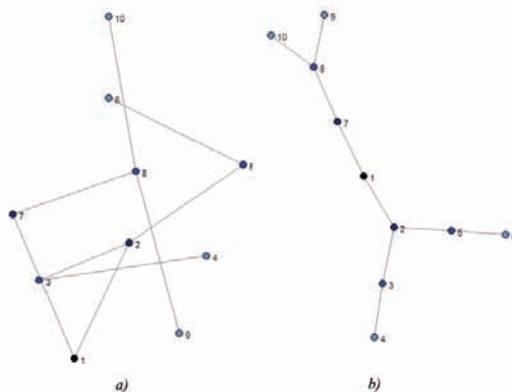
Slika 4 Klasterizacija grafova

### 5.2. Linearizacija zakona sile odbijanja

Zbog potrebe da generisani grafovi imaju što manje presecanja veza, došlo se na ideju da se sile odbijanja u grafu ne bi trebale toliko intenzivno menjati. U slučaju male razdaljine, inverzno kvadratno rastojanje dovodi do stanja neuravnoteženosti grafa a u slučaju velike udaljenost, sile postaju nepotrebno male. Zato je implementirana ideja da se u okviru Kulonovog zakona umesto inverzne kvadratne razdaljine, računa inverzna linearna razdaljina. Rezultat su rastreseni grafovi sa mnogo manje presecanja veza. Slike 3 i 4 prikazuju grafove koji su generisani pod a) izvornim kvadratnim i pod b) modifikovanim linearnim rastojanjem.



Slika 2 a) izvorno kvadratno i b) modifikovano linearno inverzno rastojanje grafa sa 74 čvorova



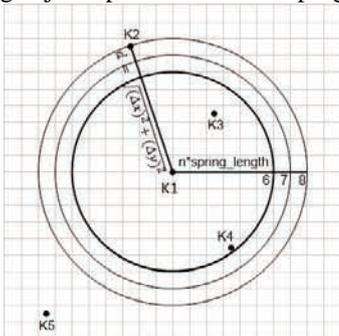
Slika 3 a) izvorno kvadratno i b) modifikovano linearno inverzno rastojanje grafa sa 10 čvorova

Sem bolje estetike, primećeno je i ubrzanje u generisanju grafova zbog eliminisanja računanja kvadrata. Potreban broj iteracija je takođe značajno smanjen.

### 5.3. Optimizacija vremena

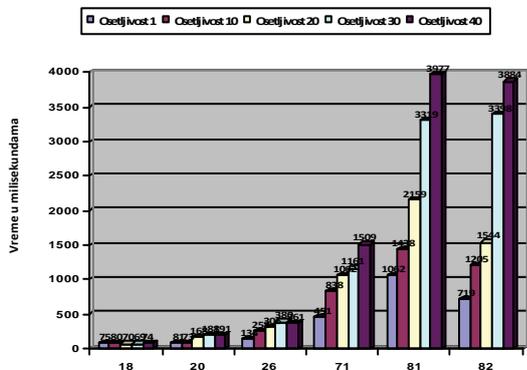
I pored linearizacije, vreme izvršavanja algoritma je ostalo neprihvatljivo dugačko za grafove sa velikim brojem čvorova. Zato su uvedene još tri dodatne optimizacije algoritma. Prva predstavlja mogućnost iterativnog generisanja rasporeda grafa time što se pozicije ne generišu svaki put slučajno. Umesto toga, moguće je za ulazne pozicije algoritma prihvatiti rezultujuće pozicije prethodnog generisanja i time nastaviti generisanje ukoliko ono nije dalo potpuno zadovoljavajuće rezultate. Druga optimizacija je postignuta uvođenjem paralelizacije procesa računanja svake od pozicija čvorova u konkurentnom režimu rada. Ovo ubrzanje zavisi od broja čvorova u grafu i početnih pozicija i može da dostigne značajna unapređenja.

Poslednja, najznačajnija optimizacija, se odnosi na smanjenje kompleksnosti sa  $O(V^2 + E)$  na  $O(V + E)$ . Ovo se postiže time što se sile odbijanja ne računaju za sve čvorove u grafu, već samo one koji su zaista utiču na ishod. Čvorovi koji se nalaze predaleko, nemaju toliki značaj na posmatrani čvor i izbacuju se iz računice. Iz ove ideje proizilazi pitanje, koja udaljenost je adekvatna za računanje sile odbojnosti. Uvodi se pojam osetljivosti algoritma i omogućava da korisnik izabere koliko želi da algoritam bude ubzan. Slika 5 pokazuje ideju računanja sile odbijanja u odnosu na zadatu osetljivost. Objašnjen je kriterijum računanja za čvor K1 i K2 i osetljivosti opruge za  $n=6$  i  $n=8$ , gde je  $n$  optimalna dužina opruge.



Slika 5 Računanje sile odbijanja u odnosu na osetljivost

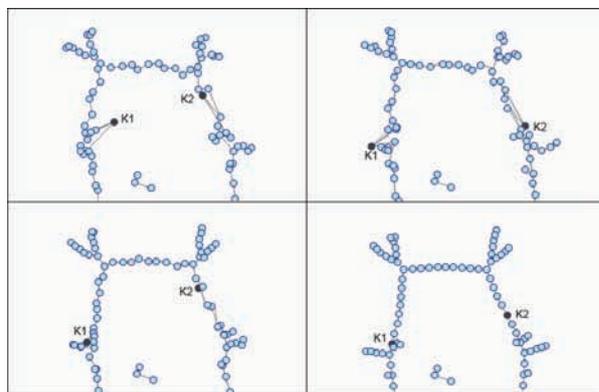
Slika 6 pokazuje vremena potrebna za računanje 6 grafova sa različitim brojem čvorova i za različite osetljivosti. Za veći broj čvorova, ova razlika postaje značajnija.



Slika 6 Vreme potrebno za generisanje grafova sa različitim osetljivostima

#### 5.4. Problem divergencije

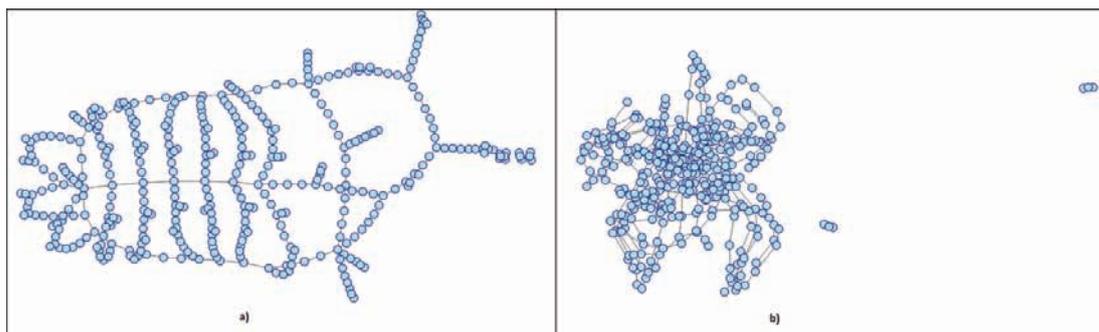
Problem divergencije je uočen već kod izvornog FR algoritma, ali je dodatno došao do izražaja uvođenjem vremenske optimizacije bazirane na osetljivosti. U zavisnosti od početnog položaja i pomeranja, neki čvorovi ulaze u stanje divergencije koje ne mogu da napuste uz pomoć sile prisutnih u algoritmu. Zato ih je prvo potrebno detektovati a zatim na njih primeniti druge sile koje ih mogu vratiti u stanje ravnoteže. Čvor koji u poslednjoj fazi algoritma ima prevelik pomeraj u odnosu na ukupni pomeraj svih čvorova u prethodnoj iteraciji je dobar kandidat za prinudnu stabilizaciju. Problematični čvor divergira između dve, međusobno neprihvatljive tačke, i jedini način da se on stabilizuje je da mu se prinudno dodeli pozicija tačke koja se nalazi na sredini te duži. Uz to je potrebno i smanjiti silu prigušenja radi postizanja boljih rezultata. Slika 7 prikazuje proces stabilizacije 2 čvorova, K1 i K2 u grafu. Prve dve slike pokazuju čvorove u stanju divergencije a preostale dve stanje u kome je izvršena prinudna stabilizacija.



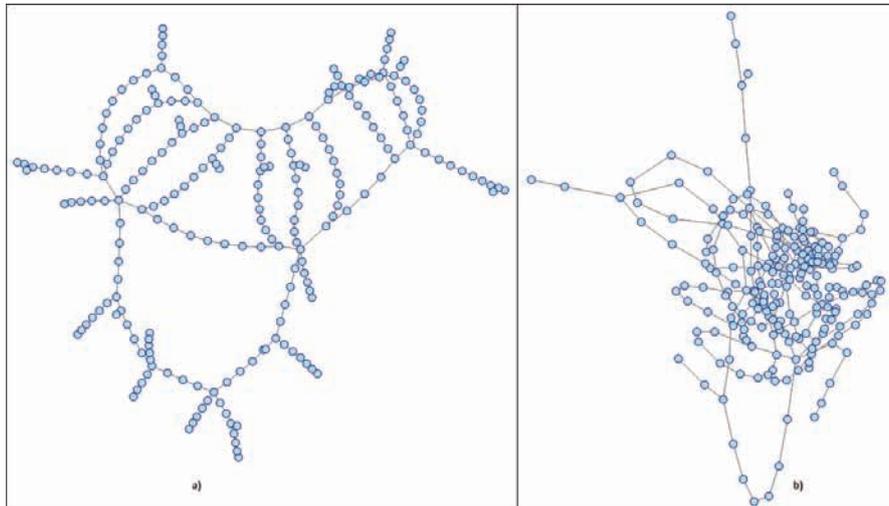
Slika 7 Divergencija dva čvorova i stanje stabilizacije

#### 6. PRIKAZ TEST REŠENJA

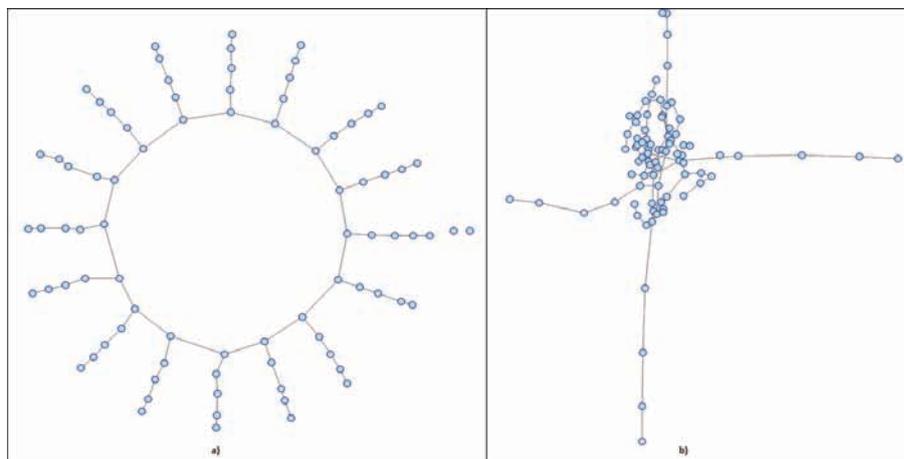
Test aplikacija je izrađena u .NET Framework-u, tačnije Windows Form Application platformi. Korišćena je za testiranje izvornog i modifikovanog FR algoritma pod istim uslovima izvršavanja. Ulazni parametri za obe varijacije FR algoritma su dobijeni empirijski i primenjivani na sve primere jednako. Slike 8, 9 i 10 prikazuju primere grafova generisanih, pod a) modifikovanim FR i pod b) izvornim FR algoritmom.



Slika 8 Graf sa 382 čvorova iscrtan sa a) modifikovanim FR i b) izvornim FR algoritmom



Slika 9 Graf sa 225 čvorova iscrtan sa a) modifikovanim FR i b) izvornim FR algoritmom



Slika 10 Graf sa 82 čvora iscrtan sa a) modifikovanim FR i b) izvornim FR algoritmom

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je problem vizuelizacija grafova i njegovi ključni aspekti. Nabrojani su proučavani algoritmi i istaknut je odabran FR algoritam.

Dat je pregled njegovih karakteristika i osnovne ideje na kojima se algoritam bazira. Kratko je objašnjena implementacija i osnovni problemi primene algoritma.

Prikazane su 4 modifikacije kojima je algoritam unapređen za željeni domen primene: klasterizacija, linearizacija sile odbijanja, optimizacija vremena i rešenje problema divergencije.

Dati su grafički primeri i objašnjenja modifikacija. Pokazani su rezultati generisanja rasporeda grafova sa različitim brojem čvorova primenom izvornog i modifikovanog FR algoritma.

## 8. LITERATURA

- [1] M. Kaufmann, D. Wagner, *Drawing Graphs: Methods and Models (Lecture Notes in Computer Science)*, Vol. 2025, Berlin: Springer, 2001, pp. 1-20.
- [2] B. Pajntar, "Overview of algorithms for graph drawing", Conf. on Data Mining and Data Warehouses, 2006.
- [3] T. Fruchterman, E. Reingold, „Graph drawing by force-directed placement“, *Soft.-pract. and exper.*, vol. 21, pp. 1129-1164, November 1991.

### Kratka biografija:



**Marina Boda** rođena je u Novom Sadu 1988. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva –Primenjene računarske nauke i informatika odbranila je 2013.god.



TEORIJSKA ZASNOVANOST PRORAČUNA TOKOVA SNAGA RADIJALNIH  
DISTRIBUTIVNIH MREŽA

THEORETICAL FOUNDATION OF POWER FLOW CALCULATION OF RADIAL  
DISTRIBUTION NETWORKS

Relja V. Strezoski, *Fakultet tehničkih nauka Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je reč o simetričnim tokovima snaga radijalnih trofaznih distributivnih mreža u simetričnim režimima direktnog redosleda. Proračuni tokova snaga zasnovani su na proceduri sumiranja struja i korekcija napona. Ta se procedura nalazi u velikom broju referenci. Ali, ono što ne može da se nađe u dostupnoj literaturi jeste njena teorijska zasnovanost. Izvođenje zasnovanosti te procedure osnovni je predmet ovog rada.

**Abstract** – This paper deals with symmetrical (direct sequence) power flow calculation of radial three-phase networks. The power flow calculation is based on backward/forward sweeping procedure. This procedure is present in a huge number of references. But, what cannot be found in these references is its theoretical foundation. The derivation of this foundation is the main subject of this paper.

**Ključne reči:** Distributivne mreže, Gauss/Seidel-ov metod, Kirchhoff-ovi zakoni, Princip supstitucije, proračun tokova snaga, radijalne mreže.

**1. UVOD**

Proračuni tokova snaga spadaju u najeksploatacije proračune elektroenergetskih mreža. Oni se koriste za sebe, ali i u okviru velikog broja ostalih proračuna u sistemima za vođenje prenosnih mreža (EMS) i sistemima za vođenje distributivnih mreža (DMS).

Proračuni stacionarnih tokova snaga prenosnih mreža utvrđeni su pre više od pola veka. Oni su zasnovani na modelima prenosnih mreža, koji su napisani saglasno s linearnim metodom nezavisnih napona. Ti modeli se prevode iz termina napona i struja u termine napona i snaga. Tako, oni postaju nelinearni. Njihova rešenja su zasnovana na klasičnom Newton/Raphson-ovom metodu za rešavanje sistema nelinearnih jednačina [1], odnosno na brzom raspregnutom metodu [2].

U ovom radu je reč o proračunima tokova snaga trofaznih uravnoteženih radijalnih distributivnih mreža u simetričnim režimima direktnog redosleda. Ti proračuni zasnovani su na proceduri sumiranja struja i korekcija napona [3, 4, 5].

Teorijska zasnovanost te procedure vrlo je skromno zastupljena u dostupnoj literaturi. U referenci [6] ona je

izvedena na osnovu modela mreže napisanog saglasno s metodom nezavisnih napona [7, 8]. U referenci [9] ona je izvedena na osnovu modela mreže napisanog saglasno s metodom nezavisnih struja [7]. Osnovni predmet ovog rada je da se dokaz te teorijske zasnovanosti radikalno pojednostavi, odnosno svede na modelovanje kola direktnom primenom Kirchhoff-ovih zakona [10].

Rad je organizovan po sledećim delovima: Posle Uvoda, u Delu 2, dato je modelovanje radijalne distributivne mreže direktnom primenom Kirchhoff-ovih zakona [8], koristeći se Principom supstitucije [7, 8]. Pošto model nije linearan, za njegov proračun je u Delu 3 prikazano korišćenje Gauss/Seidel-ovog iterativnog metoda za rešavanje sistema nelinearnih jednačina [8]. Time je izvedena predmetna teorijska zasnovanost procedure sumiranja struja i korekcija napona. U Delu 4 je dat primer proračuna. U Delu 5 su dati zaključci, a u Delu 6 je navedena korišćena literatura.

**2. TOKOVI SNAGA RADIJALNIH  
DISTRIBUTIVNIH MREŽA**

Neka se razmatra trofazna radijalna distributivna mreža u simetričnom režimu direktnog redosleda. U mreži nema kontura niti uređaja s kojima se kontrolišu naponi (regulacioni generatori, kondenzatori i prigušnice). Za takvu mrežu se izlaže model i proračun tokova snaga.

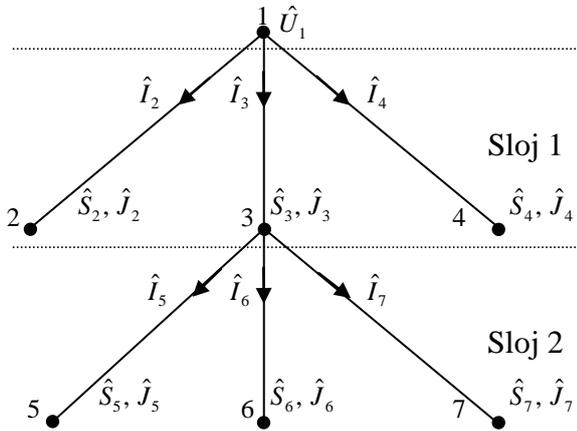
Neka se mreža sastoji od  $n$  trofaznih čvorova i  $(n-1)$ -ne trofazne grane,  $n \geq 2$ . Model mreže je monofazan (pofazan), saglasan s pogonskom šemom mreže za simetričan režim direktnog redosleda. On se odnosi na režim faze a. Sa 0 je označena tačka (čvor) referentnog – nultog potencijala. Za tu tačku se u elektroenergetskim mrežama utvrđuje zemlja koja ima svuda isti potencijal. To je  $(n+1)$ -vi čvor pogonske šeme mreže. Sa 1 je numerisan koren mreže. On je balansni čvor [1, 2, 3, 4, 8] sa specificiranim kompleksnim naponom. On se simulira priključenim idealnim naponskim generatorom poznatog napona. Ostali čvorovi su tipa PQ, sa specificiranim kompleksnim snagama potrošnje/proizvodnje potrošača/generatora koji su priključeni u njima [1, 2, 3, 4, 8]. Jedna takva mreža, sa 7 čvorova ( $n=7$ ), prikazana je na Slici 1.

Normalizovana pogonska šema radijalne mreže [11, 12] može da se konstituiše koristeći se isključivo monofaznim  $\Gamma$  segmentima prikazanim na Slici 2a. Prave linije između čvorova sa Slike 1 predstavljaju  $\Gamma$  segmente. Sa  $K$  i  $k$  su označeni prvi i drugi čvor segmenta  $\Gamma_k$ . Prvi je čvor bliži korenu od drugog čvora. U drugom čvoru segmenta  $\Gamma_k$  priključen je potrošač/generator s kompleksnom snagom  $\hat{S}_k$ . Jedan  $\Gamma$  segment asociiran je jednoj sekciji voda ili

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Goran Švenda, vanr. prof.**

jednom transformatoru {sa eliminisanim idealnim transformatorom [11, 12]}. Segment  $\Gamma_k$  se sastoji od *redne grane* sa impedansom  $\hat{z}_k$  i *otočne grane* sa admitansom  $\hat{y}_{ok}$ ,  $k=2, 3, \dots, n$ . Impedansa redne grane jednaka je pogonskoj admitansi sekcije voda ili impedansi kratkog spoja transformatora kojima je asociiran razmatrani segment  $\Gamma_k$ . Otočna admitansa segmenta  $\Gamma_k$  se sastoji od sume otočnih admitansi sekcija vodova i transformatora koji su incidentni čvoru  $k$ , kao i admitanse baterije kondenzatora ili prigušnice priključene u čvoru  $k$ . Potrošač/generator i otočna admitansa koji su priključeni u drugom čvoru  $\Gamma$  segmenta nazivaju se *otokama segmenta*. Struja redne grane označena je sa  $\hat{I}_k$ . Sa  $\hat{I}_{ok}$  je označena struja otočne grane segmenta  $\Gamma_k$ . Sa  $\hat{I}_{sk}$  je označena struja potrošača/generatora priključenog na drugom kraju segmenta  $\Gamma_k$ . Svaki segment  $\Gamma_k$  ima svog *segmenta prethodnika*  $\Gamma_K$ , osim segmenata koji se direktno napajaju sa korena. Sa korena i sa ostalih  $\Gamma$  segmenta može da se napaja više segmenata. Segmenti koji se napajaju sa korena nemaju prethodnike.



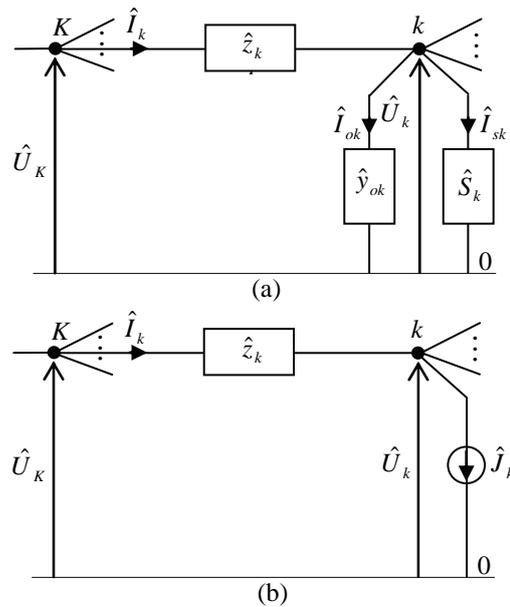
Slika 1 – Primer radijalne mreže sa 7 čvorova

Režim radijalne distributivne mreže neće se promeniti ako se svi  $\Gamma$  segmenti sa Slike 2a, koristeći se Principom supstitucije, zamene ekvivalentnim  $\Gamma$  segmentima koji su prikazani na Slici 2b. Ekvivalencija je obezbeđena ako se struje idealnih strujnih generatora izaberu prema relacijama:

$$\hat{J}_k = \frac{\hat{S}_k}{\hat{U}_k^*} + \hat{y}_{ok} \hat{U}_k, \quad k=2, 3, \dots, n. \quad (1)$$

Rešenje problema tokova snaga se sastoji od proračuna kompletnog režima distributivne mreže, na bazi poznatog napona korena mreže – balansnog čvora, odnosno čvora tipa  $\Theta V$  i specificiranih injektiranih snaga u svim ostalim čvorovima mreže – čvorovi tipa PQ. Osnovu za proračun tokova snaga radijalne mreže čini *numeracija mreže po slojevima*. Primer takve numeracije dat je na mreži sa Slike 1.

Sa 1 je numerisan koren mreže. Sve grane i njihovi drugi čvorovi koji se napajaju s korena numerišu se sa 2, 3 itd, do njihovog iscrpljenja. Sa numeracijom se nastavlja po granama koje se napajaju sa grana prvog sloja itd. Čvor jednog sloja ne može da bude numerisan većim brojem od broja ma kog čvora iz prethodnih slojeva, bez izostavljanja prirodnih brojeva.



Slika 2 – Pogonska šema segmenta  $\Gamma_k$  trofazne distributivne mreže (a) i njegovo ekvivalentno kolo (b)

Ako se razmatra monofazno radijalno kolo (pogonska šema trofazne radijalne mreže) sa  $n$  monofaznih čvorova ( $n+1$ -vi jeste čvor referentnog potencijala – zemlja), onda njegov matematički model napisan direktnom primenom Kirchhoff-ovih zakona sastoji se od [7]: 1)  $n_\epsilon - 1$  relacija napisanih saglasno sa strujnim Kirchhoff-ovim zakonom, za svaki čvor po jedna, osim za čvor referentnog potencijala ( $n_{\epsilon v}$  je broj čvorova mreže sa uključenim čvorom referentnog potencijala) i 2)  $n_{kon}$  relacija napisanih saglasno s naponskim Kirchhoff-ovim zakonom, po jedna za svaku nezavisnu konturu ( $n_{kon}$  je broj nezavisnih kontura mreže). Nezavisna jeste ona kontura koja ima bar jednu granu koja ne pripada ostalim konturama. Grana ili grane koje ne pripadaju ostalim konturama nazivaju se *nezavisnim granama* razmatrane konture. Dakle model mreže se sastoji od ukupno  $n_{\epsilon v} - 1 + n_{kon}$  relacija. Pošto je sa  $n$  označen broj čvorova mreže bez čvora referentnog potencijala, tada  $n_{\epsilon v} = n + 1$ . Za  $k$ -tu nezavisnu konturu bira se segment  $\Gamma_k$  sa otkama njegovog segmenta prethodnika ( $K$ -tog),  $k=2, 3, \dots, n$ . Redna grana tog segmenta jeste nezavisna grana konture. Dakle, razmatrana radijalna mreža ima  $n-1$  nezavisnih kontura ( $n_{kon} = n - 1$ ).

Matematički model mreže, koji je napisan direktnom primenom Kirchhoff-ovih zakona, sastoji se od  $n_{\epsilon v} - 1 + n_{kon} = n + 1 - 1 + n - 1 = 2n - 1$  jednačina:

$$\hat{I}_k = \frac{\hat{S}_k}{\hat{U}_k^*} + \hat{y}_{ok} \hat{U}_k + \sum_{j \in \alpha_k} \hat{I}_j, \quad k = n, n-1, \dots, 3, 2; \quad (2a)$$

$$\hat{U}_k = \hat{U}_K - \hat{z}_k \hat{I}_k, \quad k = 2, 3, \dots, n; \quad (2b)$$

$$\hat{J}_1 = \sum_{j \in \alpha_1} \hat{I}_j. \quad (2c)$$

Sa  $\alpha_k$  označen je skup indeksa segmenata koji se napajaju sa segmenta  $\Gamma_k$ . Npr:  $\alpha_3 = \{5, 6, 7\}$ ,  $\alpha_2 = \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha_6 = \alpha_7 = \emptyset$  (prazan skup).

Jednačine (2a) i (2c) napisane su saglasno sa strujnim Kirchhoff-ovim zakonom, za sve čvorove osim za čvor referentnog potencijala. Dakle, ima ih  $n$ . Jednačine (2b) napisane su saglasno s naponskim Kirchhoff-ovim zakonom, za svaku nezavisnu konturu. Dakle, ima ih  $n-1$ . Model sadrži isti broj nepoznatih veličina ( $2n-1$ ):  $\hat{I}_k$  (struje rednih grana  $\Gamma$  segmenata)  $k=2, 3, \dots, n$ ,  $\hat{U}_k$  (naponi čvorova),  $k=2, 3, \dots, n$  i jedna struja generatora priključenog u korenu  $\hat{J}_1$ . Te su relacije nelinearne zbog nelinearnosti njihovog dela (2a) – nepoznati naponi čvorova nalaze se u imeniocima desnih strana tih relacija. Relacija (2a) i (2b) ima  $2n-2$ , sa isto toliko nepoznatih veličina. U njima ne figuriše nepoznata struja generatora priključenog u korenu mreže  $\hat{J}_1$ . Ako se one reše po  $2n-2$  nepoznate struje  $\hat{I}_k$  i napona  $\hat{U}_k$   $k=2, 3, \dots, n$ , onda se, pored struja grana, raspolaže sa stanjem mreže (naponima svih čvorova). Iz stanja mreže nije teško da se izračuna ma koja druga veličina režima mreže, pa i struja idealnog generatora priključenog u korenu koristeći se relacijom (2c). Zato,  $2n-2$  relacije (2a) i (2b) čine suštinski deo modela tokova snaga, koji treba da se reši.

### 3. REŠENJE MATEMATIČKOG MODELA MREŽE

Za rešavanje nelinearnih jednačina (2a) i (2b) na raspolaganju je više metoda. U elektroenergetici su najzastupljeniji Newton/Raphson-ov, Gauss-ov i Gauss/Seidel-ov metod [8]. Za rešavanje modela distributivnih mreža, Newton/Raphson-ov nije efikasan, ali druga dva jesu. Model (2a) i (2b) je već napisan za direktnu primenu ta dva metoda. Gauss/Seidel-ov je znatno efikasniji od Gauss-ovog metoda pa se on koristi u proceduri sumiranja struja i korekcije napona za proračun tokova snaga distributivnih mreža. Povećan kvalitet Gauss/Seidel-ovog u odnosu na Gauss-ov metod jeste u tome što se u primeni Gauss/Seidel-ovog metoda, u trenutku izračunavanja ( $h+1$ )-ve aproksimacije rešenja jedne nepoznate veličine, koriste ne samo  $h$ -te aproksimacije nepoznatih veličina izračunate u prethodnoj [ $(h-1)$ -voj] iteraciji, već i ( $h+1$ )-ve aproksimacije nepoznatih veličina koje su do tada izračunate u tekućoj ( $h$ -toj) iteraciji. On glasi:

$$\hat{I}_k^{h+1} = \frac{\hat{S}_k}{\hat{U}_k^{*h}} + \hat{y}_{ok} \hat{U}_k^h + \sum_{j \in \alpha_k} \hat{I}_j^{h+1}, \quad k = n, n-1, \dots, 3, 2, \quad (3a)$$

$$\hat{U}_k^{h+1} = \hat{U}_k^{h+1} - \hat{z}_k \hat{I}_k^{h+1}, \quad k = 2, 3, \dots, n. \quad (3b)$$

Procedura određena relacijama (3a) predstavlja *proceduru sumiranja struja* u okviru  $h$ -te iteracije postupka za proračun tokova snaga radijalnih mreža, ("čišćenje unazad – sweep up, backward step"). Procedura određena korišćenjem relacija (3b) predstavlja *proceduru korekcija napona* u okviru  $h$ -te iteracije postupka za proračun tokova snaga radijalnih mreža ("čišćenje unapred – sweep down, forward step").

Iterativna procedura započinje specificiranjem početne aproksimacije napona čvorova mreže  $\hat{U}_k^0$ ,  $k=2, 3, \dots, n$  (napon korena  $\hat{U}_1$  poznat je, pa se ne aproksimira). Procedura se završava u  $h$ -toj iteraciji, kada su zadovoljeni kriterijumi konvergencije:

$$|\Delta \theta_k^h| \leq \varepsilon_1 \wedge |\Delta U_k^h| \leq \varepsilon_2. \quad (4)$$

Korišćene veličine imaju značenja:

$\Delta \theta_k^h$  – razlika aproksimacije ugla napona čvora  $k$ , u  $h$ -toj i  $h-1$ -voj iteraciji ( $\Delta \theta_k^h = \theta_k^{h+1} - \theta_k^h$ ),

$\Delta U_k^h$  – razlika modula napona čvora  $k$ , u  $h$ -toj i  $h-1$ -voj iteraciji ( $\Delta U_k^h = U_k^{h+1} - U_k^h$ ),

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$  – kriterijumi konvergencije (po želji izabrani mali pozitivni brojevi, reda  $10^{-6}$  do  $10^{-4}$  u relativnim vrednostima).

Time je završen opis modela i njegovog rešenja, odnosno opis proračuna tokova snaga radijalnih (distributivnih) trofaznih mreža u simetričnim režimima direktnog redosleda. Odnosno, postignut je osnovni cilj ovog rada – utvrđivanje teorijske zasnovanosti proračuna tokova snaga radijalnih distributivnih mreža.

Na osnovu izložene materije, očigledno je da taj proračun, koji je zasnovan na procedurama sumiranja struja i korekcija napona, predstavlja vrlo sofisticiranu sintezu primene dve električne institucije – Kirchhoff-ovi zakoni i Princip supstitucije, kao i jedne matematičke institucije – Gauss/Seidel-ov metod za rešavanje sistema nelinearnih jednačina.

### 4. PRIMER

U ovom delu je na primeru jednostavne trofazne 20kV distributivne mreže sa četiri čvora i tri sekcije (Slika 3) demonstriran proračun tokova snaga radijalnih distributivnih mreža. Prvi čvor je koren. Pogonski parametri direktnog redosleda sekcija mreže dati su na Slici 4. Snaga čvorova i napon korena iznose:

$$\hat{S}_2 = \hat{S}_3 = \hat{S}_4 = 3 \times (1.0 \text{ MW} - j0.5 \text{ MVar}),$$

$$U_1 = (21000 + j0) / \sqrt{3} \text{ V}.$$

Potrebno je da se izračuna stanje mreže (naponi čvorova 2, 3 i 4, za specificiran napon korena), kompleksna snaga korena ( $\hat{S}$ ), kao i gubici aktivne i reaktivne snage mreže ( $\Delta P, \Delta Q$ ). To treba da se uradi primenom metoda sumiranja struja i korekcija napona, za kriterijume konvergencije  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 10^{-4}$  V. Rezultati proračuna prikazani su na Slici 3.

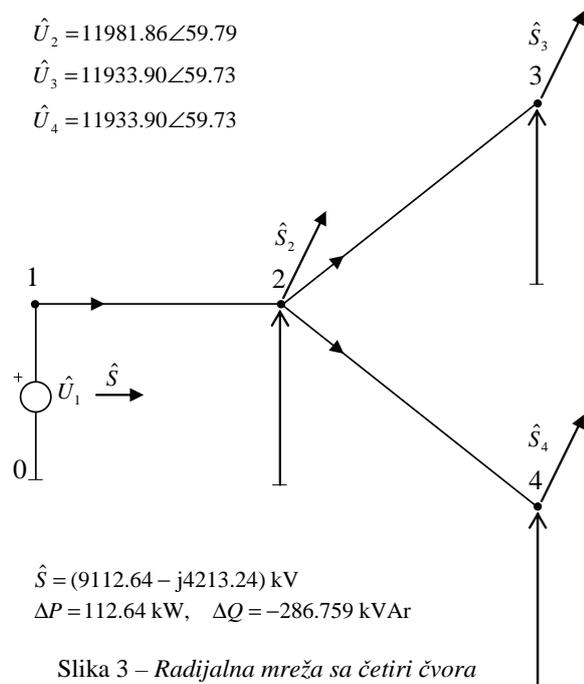
### 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu dokazana je teorijska zasnovanost postupka sumiranja struja i korekcija napona za proračune tokova snaga radijalnih trofaznih distributivnih mreža u simetričnim režimima direktnog redosleda.

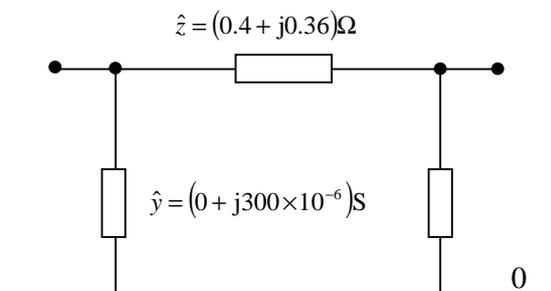
To je učinjeno tako što je model tokova snaga formulisan direktnom primenom Kirchhoff-ovih zakona i Principom supstitucije.

Model je rešen primenom Gauss/Seidel-ovog metoda za rešavanje sistema simultanih nelinearnih jednačina.

Iz te sinteze dve električne i jedne matematičke institucije sledi snaga opisanog postupka za proračun tokova snaga radijalnih mreža koja može da se iskaže na sledeći način:



Slika 3 – Radijalna mreža sa četiri čvora



Slika 4 – Parametri pogonskih šema direktnog redosleda sekcija kablovskog voda 20kV

1. Nepoznati naponi svih čvorova mreže ne odstupaju značajno od napona balansnog čvora. Dakle, nije teško da se izabere njihova kvalitetna početna aproksimacija.
2. Ako se raspolože s kvalitetnim aproksimacijama napona čvorova mreže, onda mogu da se izračunaju i kvalitetne aproksimacije struja otoka – struje potrošača i struje otočnih admitansi čvorova.
3. Ako se raspolože s kvalitetnim aproksimacijama struja otoka, onda mogu da se izračunaju i kvalitetne aproksimacije struja rednih grana mreže.
4. Ako se raspolože s kvalitetnim aproksimacijama struja rednih grana mreže, onda mogu da se izračunaju i kvalitetne aproksimacije promena napona na rednim granama mreže.
5. Ako se raspolože s kvalitetnim aproksimacijama promena napona na rednim granama mreže, uz poznat napon korena radijalne mreže, onda mogu da se izračunaju i kvalitetne korekcije napona čvorova mreže.

Kada su u pitanju prenosne mreže (s velikim brojem kontura) činjenica br. 3 ne stoji. To bi definitivno ruiniralo efikasnost opisanog postupka kada bi se on primenio za proračun tokova snaga prenosnih mreža.

## 6. LITERATURA

- [1] W. F. Tinney, C. E. Hart: Power Flow Solution by Newton's Method, *IEEE Trans. on PAS*, Vol. 86, No. 11, Nov. 1967, pp. 1449-1460.
- [2] B. Stott, O. Alsac: Fast Decoupled Load Flow, *IEEE Trans. on PAS*, Vol. 93, No. 3, Nov. 1974, pp. 859-867.
- [3] D.Shirmohammadi, H.W.Hong, A.Semlyen, G.X.Luo: A Compensation-Based Power Flow Method for Weekly Meshed Distribution and Transmission Network; *IEEE Trans. on PS*, Vol.3, No.2, May 1988, pp. 753-762.
- [4] G.X.Luo, A.Semlyen: *Efficient Load Flow for Large Weekly Meshed Distribution and Transmission Network*; *IEEE Trans. on PS*, Vol.5, No.4, November 1990, pp. 1309-1316.
- [5] D. Popović, D. Bekut, V. Dabić, *Specijalizovani DMS algoritmi*, Novi Sad DMS Group, 2011.
- [6] P. Vidović; *Nesimetrični tokovi snaga distributivnih mreža*, magistarska teza, Fakultet Tehničkih Nauka Novi Sad, novembar 2008.
- [7] B. Popović, *Osnovi elektrotehnike 1 i 2*. Srbija: Beograd, Nauka, 1998.
- [8] V. C. Strezoski; *Analiza elektroenergetskih sistema*, skripta, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2011.
- [9] R. Strezoski: "Teorijska zasnovanost proračuna simetričnih tokova snaga radijalnih distributivnih mreža", diplomski rad, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2011.
- [10] R. Strezoski: "Proračun simetričnih tokova snaga trofaznih distributivnih mreža", master rad, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2012.
- [11] V. Strezoski: A New Scaling Concept in Power System Analysis, *IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib.*, Vol. 143, No. 5, September 1996., pp. 399-406.
- [12] V. C. Strezoski: Advanced symmetrical components method, *IET Proc.-Gener. Transm. Distrib.*, Vol. 5, Issue 8, ISSN 1751-8687, August 2011, pp. 833-841.

### Kratka biografija:



**Relja Strezoski** rođen je u Novom Sadu 1988. godine. Živi u Novom Sadu. Master rad je odbranio 2012. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi.

**DIZAJN KOLA DETEKTORA FAZE - FREKVENCIJE I PUMPE NAELEKTRISANJA SA NISKIM NIVOOM FAZNOG ŠUMA****DESIGN OF A LOW PHASE NOISE PHASE - FREQUENCY DETECTOR AND CHARGE PUMP CIRCUIT**Nikola Ivanišević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu biće predstavljen unapređen dizajn detektora faze i frekvencije (eng. *phase frequency detector - PFD*) i kola pumpe naelektrisanja (eng. *charge pump - CP*) sa veoma niskim nivoom faznog šuma od  $-160$  dBc/Hz pri sledećim uslovima: naponu napajanja od 2.5 V, potrošnji od 4 mA i frekvenciji od 25 MHz. Niske vrednosti šuma su postignute korišćenjem TSPC (eng. *true single phase clock*) topologije D flip flopa u sklopu PFD kola, upotrebom bipolarnih tranzistora sa emitterskom degeneracijom za izradu pumpe naelektrisanja i patentiranim poboljšanjem pojačanja PFD/CP kola. Dizajn je implementiran u QUBIC4X procesu NXP kompanije, koju karakteriše savremena SiGeC bipolarna i 250 nm CMOS tehnologija. Prototip je uspešno testiran kao samostalan blok i unutar diskretnog PLL (eng. *phase locked loop*) kola. Zahvaljujući ostvarenim karakteristikama ovaj dizajn se može primeniti u PLL kolima specijalizovanim za niskošumne aplikacije.

**Abstract** – This paper will present an improved design of a phase-frequency detector (PFD) and charge pump (CP) circuit with a very low phase noise floor of  $-160$  dBc/Hz under the following conditions: 2.5 V power supply, 4 mA of current consumption and operating on 25 MHz. Low noise values were achieved by using the true single phase clock D flip flop for constructing the PFD circuit, by using bipolar transistors with resistive emitter degeneration for constructing the charge pump circuit and with a patent pending improvement of the PFD/CP circuit. Design was implemented in NXP Semiconductors QUBIC4X process, which features state-of-the-art SiGeC bipolar and 250 nm CMOS technology. Prototype was successfully tested as a standalone unit and within a discrete PLL (phase locked loop) circuit. Thanks to the achieved performances this design may be implemented in PLL circuits specialized for low noise applications.

**Ključne reči:** PLL, PFD, CP, double gain, phase noise

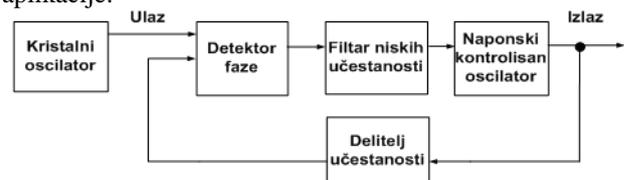
**1. UVOD**

Fazna petlja tj. PLL je električno kolo u kojem se izlazni signal sinhronizuje sa fazom i frekvencijom ulaznog signala. Kada je sinhronizacija uspostavljena, kažemo da je PLL u zaključanom stanju (eng. *in-lock state*).

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor bila dr Mirjana Videnović-Mišić, docent. Izumitelji patenta su Louis Praamsma i Nikola Ivanišević. Patent je vlasništvo kompanije NXP Semiconductors.

U tom stanju PLL tesno prati fazu ulaznog signala, odnosno razlika u fazama ulaznog i izlaznog signala je nula. Sinhronizacija se postiže zahvaljujući negativnoj povratnoj sprezi. Ukoliko fazna razlika odstupa od nule, sistem negativne povratne sprege se aktivira i reguliše izlaz PLL-a tako da se razlika opet svodi na nulu. Dakle, izlaz je fazno vezan za fazu ulaznog signala, odakle i proističe naziv fazna petlja. Dobre karakteristike PLL kola potiču od stabilnosti i spektralne čistoće kristalnog oscilatora na visokim (RF) učestanostima, zahvaljujući faznoj petlji prikazanoj na **Sl.1**. Vrednost delitelja učestanosti  $N$  može predstavljati problem, jer povećava nivo šuma unutar propusnog opsega za  $20\log N$  dB [1], zbog čega velike vrednosti  $N$  nisu poželjne za niskošumne aplikacije.



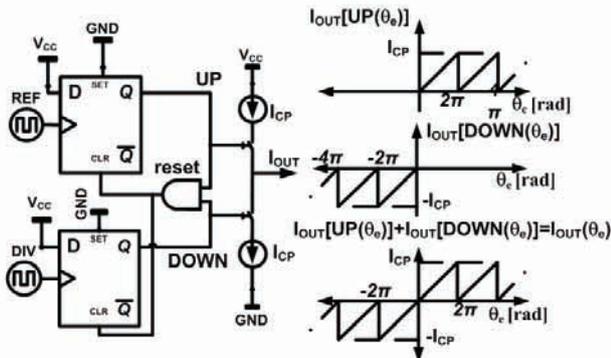
Slika 1. Blok dijagram PLL kola.

Kako je u interesu da šum PLL kola bude što manji, da se ne bi degradirao signal na izlazu, koristi se kvalitetniji kristal kvarca (veći Q faktor) i unapređuju se kola delitelja i detektora faze. Šum unutar propusnog opsega će biti određen najvećim intezitetom šuma od pomenutih blokova i iz tog razloga PFD/CP kolo često predstavlja usko grlo čitavog sistema. U ovom radu fokus je upravo dizajn PFD/CP kola sa izuzetno niskim nivoom šuma za specijalizovana PLL kola. Ostvarene performanse su dobijene izumom (patentirane) tehnike za povećanje pojačanja PFD/CP kola, kako bi doprinos šuma pumpe naelektrisanja bio smanjen kao i pažljivim dizajnom samog kola.

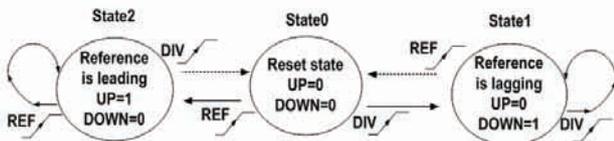
**2. KONVENCIONALNO PFD/CP KOLO**

Konvencionalno PFD/CP kolo je mašina stanja, prikazana na **Sl.2**. Ulazni signali se najčešće obeležavaju kao REF (signal reference) i DIV (signal delitelja), dok se izlazni signali obeležavaju kao UP i DOWN. Stanja odgovaraju situacijama kada referenca vodi (u fazi), kada kasni (za fazom delitelja) i resetovanom stanju. Kao primer, ukoliko se prvo pojavi aktivna ivica REF signala tada UP izlaz postaje visok i detektor ostaje u tom stanju sve dok se ne pojavi aktivna ivica DIV signala. Informacija o faznoj razlici je sadržana u širini impulsa jednog od izlaznih signala (u ovom primeru UP), ali ne i u oba. Ponašanje mašine stanja je ilustrovano na **Sl.3**. dok je princip rada pokazan na **Sl.4**. PFD kolo, prikazano na

SI.2, se sastoji od dva ivično trigerovana flip-flopa i logičke kapije za resetovanje. Na slici su prikazana i dva strujna izvora koja predstavljaju pumpu naelektrisanja, koja ima ulogu da kombinuje UP i DOWN signale tako da je izlaz čitavog kola superpozicija pozitivnih i negativnih faznih razlika.



Slika 2. Šema PFD/CP kola sa odgovarajućom prenosnom funkcijom.



Slika 3. Dijagram mašine sa tri stanja (PFD) koja reaguje na rastuće ivice.



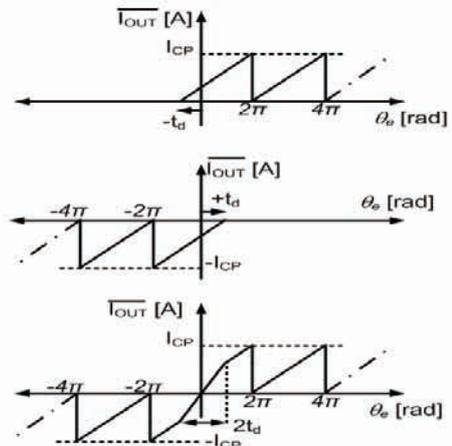
Slika 4. Prikaz principa rada PFD/CP kola, isprekidana linija predstavlja jednosmernu vrednost  $I_{OUT}$  struje [2].

### 3. PATENTIRANO UNAPREĐENJE PFD/CP KOLA

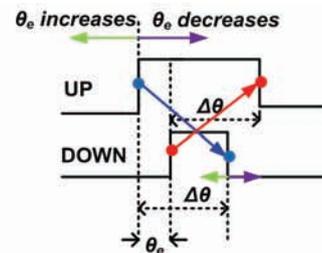
Motivacija za unapređenje dizajna PFD/CP kola je pronađena u potrazi za manjim nivoom šuma unutar propusnog opsega PLL-a. Jednostavnim proračunom možemo dobiti da je pojačanje prenosne funkcije sa SI.2, jednako  $I_{CP}/2\pi$ . Očigledno je da se veće pojačanje može postići povećavanjem struje  $I_{CP}$ , što za negativnu posledicu ima porast strujnog šuma tranzistora (npr. šum sačme u bipolarnim tranzistorima).

Dodatna posledica je i smanjen izlazni naponski opseg (eng. *voltage headroom*) zbog zahtevnije strujne potrošnje. Inovativan pristup koji prevazilazi navedene probleme je opisan u nastavku. Prenosna funkcija sa SI.2, je dobijena kombinovanjem karakteristika za slučaj kada referenca vodi i kada kasni. Pretpostavimo da se ove karakteristike preklapaju kao na SI.5. U tom slučaju uočavamo da se nagib prenosne funkcije promenio (postao strmiji u okolini nule). Pošto je pojačanje jednako izvodu prenosne funkcije možemo zaključiti da nova kriva ima dve različite vrednosti izvoda (nagiba) u zavisnosti od opsega faze. U regionu gde su se krive preklapile pojačanje je jednako  $I_{CP}/\pi$ , a u nepreklopljenim delovima je ostalo jednako  $I_{CP}/2\pi$ . U kontekstu električnih kola, duplo pojačanje je postignuto

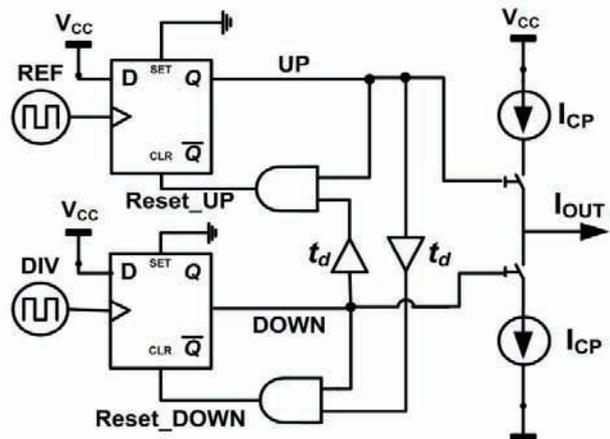
tako što su oba strujna izvora "aktivna" (nose informaciju o faznoj razlici) u isto vreme. Na SI.6. je prikazan oblik UP i DOWN signala u režimu duplog pojačanja. Možemo uočiti da je trajanje impulsa produženo za  $\Delta\theta$ . Mana ovog pristupa je što je pumpa naelektrisanja duže uključena, pa samim tim i više šuma je injektovano u PLL. Na osnovu SI.6. možemo uočiti na koji način je potrebno modifikovati konvencionalno PFD/CP kolo. Prvo što se može uočiti je da se resetovanje ne dešava istovremeno za UP i DOWN signale, odakle proizilazi da je potrebna još jedna logička I (eng. *and*) kapija. Drugo što se može uočiti je da rastuća ivica jednog signala uslovljava trenutak formiranja opadajuće ivice drugog signala, što znači da postoji kašnjenje između ova dva događaja. Primenom ovih zaključaka dobijamo električnu šemu prikazanu na SI.7. koja ima željenu prenosnu karakteristiku sa SI.5.



Slika 5. Princip modifikacije prenosne funkcije PFD/CP kola za dobijanje većeg pojačanja.



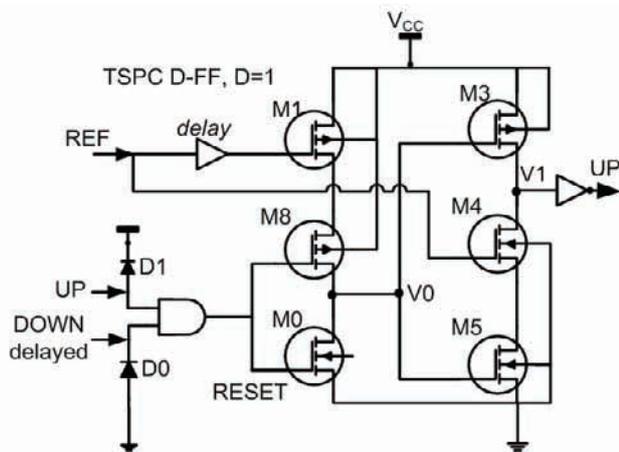
Slika 6. Primer UP i DOWN signala u režimu duplog pojačanja.



Slika 7. Šema unapređenog dizajna PFD/CP kola sa duplo većim pojačanjem za fazne razlike manje od  $\Delta\theta$  (NXP patent).

### 3.1. Implementacija flip-flop kola

Jezgro PFD kola je ivično trigerovan D flip-flop (D-FF). Na osnovu rezultata prezentovanih u [3] najbolje rezultate po pitanju nivoa šuma daje TSPC topologija. Šema D-FF je prikazana na **Sl.8.** sa modifikacijama u vidu dodatnog bafera, tranzistora M8 i logičke I kapije. Ubačeni bafer ima ulogu da unese određeno kašnjenje kako bi se izbeglo slučajno trigerovanje pri opadajućoj ivici signala takta. Tranzistor M8 ima ulogu da prekine putanju između tranzistora M0 i M1, kako bi se uspešno izvršilo resetovanje u slučaju kada je signal takta nizak. Logička I kapija je uključena u D-FF kako bi se omogućila bolja lejaut integracija. Diode D0 i D1 su korišćene za prevenciju antenskog efekta [4] koji nastaje usled dugačkih rutirajućih linija prilikom izrade čipa.



Slika 8. Kompletna šema TSPC D-FF.

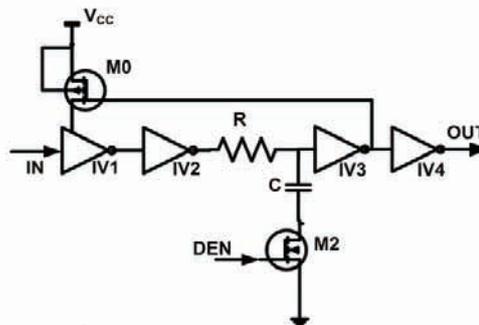
### 3.2. Implementacija kola za kašnjenje

Kola za kašnjenje funkcionišu tako što usporavaju ivice ulaznog signala i na taj način neposredno čine impuls dužim. Problem ovog pristupa je što će usporena ivica biti više podložna uticaju šuma prilikom prolaska kroz prag odlučivanja, odnosno džiter signala će biti veći. U interesu praktičnog merenja prenosne karakteristike, kolo za kašnjenje će biti dizajnirano za 1 ns kašnjenja. Izabrana vrednost kašnjenja neće dovesti do znatnog povećanja džitera u opadajućoj ivici UP i DOWN signala, odnosno povećanja šuma PFD kola. Drugi problem je kako zakasnuti kratak impuls. Kada je širina impulsa manja od vremena za koje treba da se zakasni, izlazni signal ne dostiže prag trigerovanja sledećeg bloka. Tranzistor M0 sa **Sl.9.** rešava ovaj problem tako što zabranjuje da opadajuća ivica ulaznog signala propagira kroz kolo sve dok se ne dostigne vrednost trigerovanja sledećeg bloka na izlazu. Invertori IV<sub>1</sub> i IV<sub>2</sub>, prikazani na **Sl.9.** su korišćeni kao baferi za ulazni signal kako bi se postiglo uspešno opterećenje RC kolom. Invertori IV<sub>3</sub> i IV<sub>4</sub> su korišćeni da ubrzaju signal kako bi se smanjio džiter zakašnjenog signala. Tranzistor M2 služi kao prekidač za izbor jedne od dve vrednosti vremena kašnjenja.

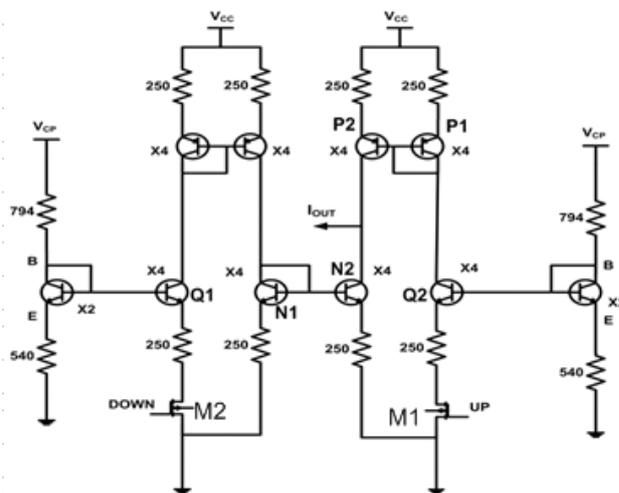
### 3.3. Implementacija kola pumpe naelektrisanja

Kolo pumpe naelektrisanja je prikazano pomoću dva idealna strujna izvora sa prekidačima. Glavna funkcija ovog kola je da kombinuje UP i DOWN prenosne funkcije. Jedna od mogućih implementacija ovog kola je prikazana na **Sl.10.** gde tranzistori Q<sub>1</sub> i Q<sub>2</sub> (grupa četiri

manja tranzistora) predstavljaju strujne izvore. Dužina impulsa je kontrolisana pomoću prekidačkih NMOS tranzistora M1 i M2, dok je struja punjenja formirana strujnim ogledalima P<sub>1</sub> i P<sub>2</sub>, a struja pražnjenja strujnim ogledalima N<sub>1</sub> i N<sub>2</sub>.



Slika 9. Šema RC kola za kašnjenje korišćenog za modifikaciju prenosne funkcije PFD/CP kola.



Slika 10. Šema pumpe naelektrisanja

Da bi se smanjio strujni šum tranzistora koristi se rezistivna emitorska degeneracija. Ukupna snaga šuma takvog bipolarnog tranzistora jednaka je sumi snaga šuma sačme ( $i_C^2$ ) i termičkog šuma otpornika ( $i_{RE}^2$ ) odnosno:

$$\overline{i_{out}^2} = duty \left[ \left( \frac{\overline{i_C}}{1 + R_E g_m} \right)^2 + \left( \frac{\overline{i_{RE}}}{1 + \frac{1}{R_E g_m}} \right)^2 \right], \quad (1)$$

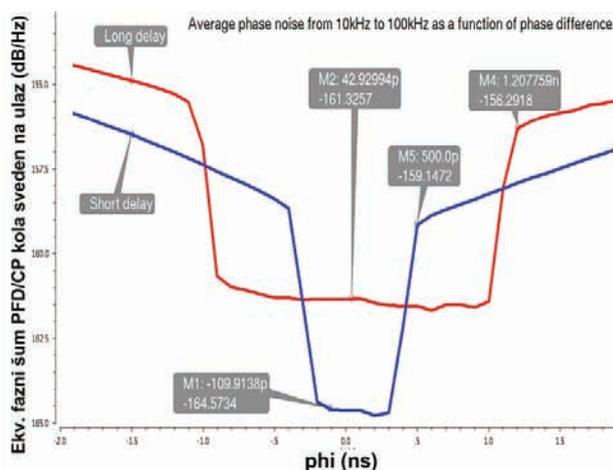
gde je *duty* faktor ispune,  $R_E$  vrednost otpornika,  $g_m$  transkonduktansa bipolarnog tranzistora. Iz formule (1) se vidi da je strujni šum tranzistora potisnut zbog degeneracije, a da se strujni šum otpornika samo propušta na izlazu PFD/CP kola.

## 4. REZULTATI SIMULACIJA I MERENJA

Simulirane vrednosti ekvivalentnog faznog šuma svedenog na ulaz PFD/CP kola kao funkcija fazne razlike (u vremenskom domenu) su prikazane na **Sl.11.** Na slici možemo primetiti izuzetno niske nivoe šuma od -161 i -164 dBc/Hz kao i prednost duplog pojačanja. Rezultati su dobijeni primenom jednačine (2) koja predstavlja srednju vrednost ekvivalentnog faznog šuma na ulazu PFD/CP kola u opsegu od 10 kHz do 100 kHz. Uočljiv pad od 5 dB na karakteristici predstavlja opseg fazne razlike u kome je

pojačanje PFD/CP kola uvećano dva puta. Taj opseg odgovara preklapanju karakteristika sa **Sl.5**. Širina opsega je definisana vremenom kašnjenja  $t_d$  sa **Sl. 7**, odnosno sa  $\Delta\theta$  na **Sl.5**. Na **Sl.11**. kriva sa širim padom odgovara slučaju  $DEN = V_{CC}$ , a kriva sa užim za slučaj  $DEN = GND$ . U idealnom kolu pad bi bio jednak 6 dB, ali kola za kašnjenje unose svoj šum i samim tim povećavaju struju  $i_{noise}(f)$  u formuli (2).

$$PN_{PFD/CP} = \frac{1}{100kHz - 10kHz} \int_{10kHz}^{100kHz} 10 \log \left( \frac{i_{noise}(f)}{dt} \cdot \frac{\pi}{20ns} \right)^2 df. \quad (2)$$



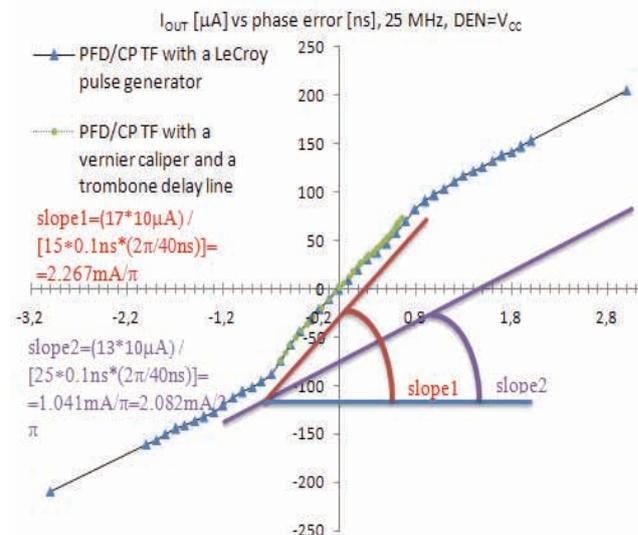
Slika 11. Ekvivalentni fazni šum sveden na ulaz PFD/CP za slučaj  $DEN = V_{CC}$  i  $DEN = GND$ .

Dizajn je uspešno implementiran i testiran kao samostalan blok i unutar PLL kola. Na **Sl.12**. su prikazani rezultati merenja prenosne karakteristike dobijeni primenom dva različita pristupa. Prvi način merenja je izvršen pomoću impulsnog generatora koji ima opciju da zakasni signal sa prvog kanala u odnosu na referentni. Drugi pristup merenja prenosne karakteristike koristi mehanički element za kašnjenje koji se mogao produžavati i na taj način povećavati kašnjenje. Sa **Sl.12**. se već na prvi pogled vidi da je karakteristika strmija u okolini nule. Kako bi se to naglasilo i izmerio koeficijent različitih segmenata karakteristike, dve pomoćne prave su fitovane uz rezultate. Jednostavnim proračunom dolazi se do zaključka da kriva ima duplo veći koeficijent u okolini nule, odnosno da je vrednost pojačanja veća za dva puta.

## 5. ZAKLJUČAK

Ovaj rad je prezentovao dizajn PFD/CP kola koje ima izvanredno nizak nivo šuma (-160 dB/Hz). Dizajn koristi novu tehniku za dupliranje pojačanja PFD/CP kola korišćenjem dva kola za kašnjenje i dodatne logičke kapije. Dvostruko veće pojačanje bi u teoriji omogućilo 6 dB poboljšanja u nivou šuma PLL-a, ali u realnosti je degradirano zbog šuma od strane kola za kašnjenje. Integrisano kolo je implementirano u QUBIC4X tehnologiji NXP kompanije, koja raspolaže savremenim SiGeC bipolarnim i 250 nm CMOS procesom. Kolo zahteva napon napajanja od 2.5 V i optimizovano je za 25 MHz sa srednjom strujom potrošnje u vrednosti od 4 mA. Flip-flopovi koji čine jezgro PFD kola su dizajnirani u TSPC topologiji zbog odličnih performansi po pitanju

džitera. Kola za kašnjenje su dizajnirana sa modifikovanim RC kolom, koje uspešno može da zakasni kratak impuls. Bipolarna strujna ogledala sa otporničkom degeneracijom su se pokazala kao pravi izbor za niskošumno kolo pumpe naelektrisanja.



Slika 12. Izmerena prenosna karakteristika samostalnog PFD/CP kola.

Prototip je uspešno testiran kao samostalan blok kao i unutar diskretnog PLL-a. Sam nivo šuma PFD/CP kola (od -160 dBc/Hz) nije bilo moguće izmeriti zbog dominantnog uticaja ostalih blokova u PLL-u. To samo pokazuje da ovaj dizajn ima odlične performanse kada je nivo šuma u pitanju i da doprinos PFD/CP kola više ne predstavlja usko grlo u PLL kolima. Opisan patentiran dizajn PFD/CP kola može se sa lakoćom primeniti u *integer* i *fractional* PLL kolima za smanjenje nivoa faznog šuma za 5 dB (idealno 6 dB), ali samo za slučaj kada je pumpa naelektrisanja dominantni izvor šuma u PLL kolu.

## 6. LITERATURA

- [1] Cicero S. Vaucher, "Architectures for RF frequency synthesizers", Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [2] John Rogers, Calvin Plett and Foster Dai, "Integrated Circuit Design for High-Speed Frequency Synthesis", Artech House, 2006.
- [3] K. Arshak O. Abubaker E. Jafer, "Design and Simulation Difference Types CMOS Phase Frequency Detector for high speed and low jitter PLL", Fifth IEEE International Caracas Conference on Devices, Circuits and Systems 2004.
- [4] Behzad Razavi, "Design of Analog CMOS Integrated Circuits", McGraw Hill Companies 2001

### Kratka biografija:



**Nikola Ivanišević** rođen je u Novom Sadu 1988. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroelektronika odbranio je 2013.god.

**FIBER OPTIČKI SENZOR SILE  
FIBER OPTIC FORCE SENSOR**

Nenad Mrđen, Jovan Bajić, Dragan Stupar, Miloš Slankamenac, Bojan Dakić  
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisan je senzor sile realizovan pomoću optičkog vlakna. Opisana je i aplikacija napisana u programskom jeziku Java.

**Abstract** – This paper describes fiber optic force sensor. It also describes user application, using Java programming language.

**Ključne reči:** Optička vlakna, Fiber optički senzori, korisnička aplikacija, Java

**1. UVOD**

Sila je elementarna fizička veličina. Postoji više vrsta senzora za merenje sile, piezoelektrični senzori sile, magnetni, hidraulični itd. U ovom radu je opisan merač sile pomoću optičkog vlakna. Često postoji potreba da se pored merenja intenziteta sile, beleži koliko puta je nešto pritisnuto. Uređaj opisan u ovom radu može da meri silu i broj pritiskanja senzora. Senzor opisan u ovom radu ne spada u veoma precizne senzore kao što su oni koji se koriste u automatici, gde se zahteva preciznost do 0,1%. Međutim, dovoljno je precizan za neke manje zahtevne operacije gde je potrebno znati kojom približnom silom je nešto pritisnuto, kao npr. taktilni senzor u robotici [1]. Fiber optička tehnologija se uveliko koristi u komunikacione svrhe, dok je izrada senzora na bazi optičkih vlakana još uvek u razvoju. Cilj ovog projekta je da se prikaže princip rada fiber-optičkog senzora sile.

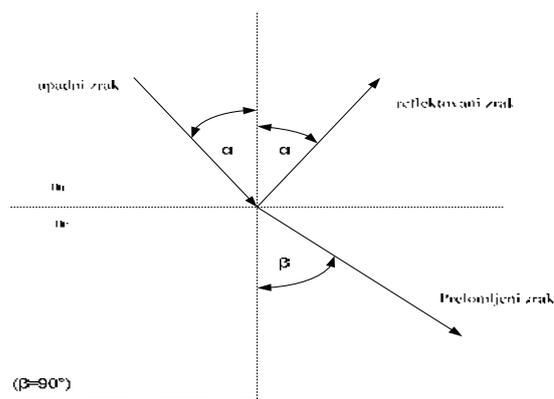
**2. TEORIJSKA ANALIZA**

Sistemi prenosa sa optičkim vlaknima sastoje se iz tri osnovna funkcionalna dela, a to su predajnik (izvor svetlosti: LED ili laserska dioda), optičko vlakno i prijemnik (foto senzor). Električni signal se dovodi na lasersku ili LED diodu koje vrše konverziju u svetlost, zatim se svetlost ubacuje u optičko vlakno na čijem drugom kraju je prijemnik koji vrši opto-električnu konverziju posle koje se dobija električni signal. Svetlost se ubacuje u jezgro pod uglom potrebnim da dođe do totalne refleksije, zbog koje se svetlosni zrak neprestalno odbija od granične površine jezgro/omotač putujući tako kroz vlakno do prijemnika. Dakle, princip po kome se informacija prenosi po optičkom vlaknu bazira se na fizičkom fenomenu pod nazivom totalna refleksija. Ova pojava se može opisati na sledeći način:

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miloš Živanov, red.prof.

Ako se svetlost usmeri iz sredine sa većim indeksom prelamanja  $n_1$  u sredinu sa manjim indeksom prelamanja  $n_2$  dolazi do refleksije i refrakcije svetlosti kao što je prikazano na slici 1. [2].



Slika 1. Refleksija i prelamanje svetlosti

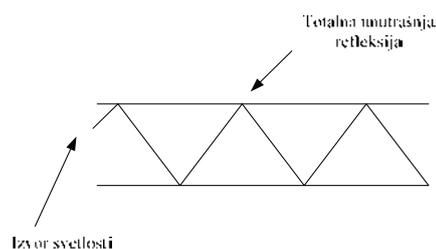
Prema Snellovom zakonu koji važi za izotropne sredine, odnos između sinusa upadnog ugla  $\alpha$  i prelomljenog zraka  $\beta$  je dat izrazom (1).

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta \quad (1)$$

Takođe, reflektovani (odbijeni) zrak se odbija pod istim uglom  $\alpha$  u odnosu na normalu na razdvojnu površ. Za slučaj *totalne refleksije* postoji samo reflektovani zrak ( $\beta=90^\circ$  na slici 1) pa se upadni ugao  $\alpha_{\text{kritično}}$  dobija kao:

$$n_1 \sin \alpha_{\text{kritično}} = n_2 \sin 90^\circ \rightarrow \alpha_{\text{kritično}} = \arcsin(n_2/n_1) \quad (2)$$

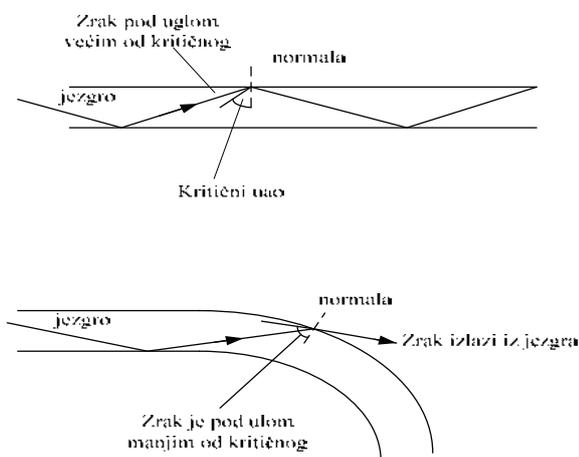
Ovaj ugao se naziva kritičan ugao i zavisi od indeksa prelamanja ove dve sredine. Ovaj kritičan ugao definiše prag nastanka totalne refleksije jer za sve upadne uglove koji se nalaze u opsegu  $\alpha_{\text{kritično}} \leq \alpha \leq 90^\circ$  imamo samo reflektovani zrak. Prenosni sistem bi rasipao svetlost i bio bi neupotrebljiv u praksi da nije primenjen opisani princip iz fizike. Na slici 2. vidi se princip prostiranja svetlosti u optičkom vlaknu po zakonu totalne refleksije.



Slika 2. Prostiranje svetlosti u optičkom vlaknu

Prilikom savijanja optičkog vlakna dolazi do pojave porasta slabljenja, što je posledica gubitaka pri zračenju [3]. Kod vlakna razlikujemo dva tipa krivina. Kada govorimo o krivinama osetnih dimenzija, nazivamo ih makrokrivine. Nasuprot tome, kada se krivine odnose na sitne oscilacije u osi vlakna zovu se mikrokrivine. Ovo se javlja zbog nedostatka u proizvodnji vlakna ili zbog neravnomernog lateralnog pritiska generisanog tokom procesa kabliranja.

Gubici koji potiču od oba tipa krivina mogu se koristiti za projektovanje senzora. Makrosavijanja predstavljaju mesta gde vlakno pravi luk, što utiče na promenu numeričke aperture i prelaska dela svetlosti u omotač (usled nepotpune totalne refleksije na granici između jezgra i omotača), što uslovljava slabljenje. Princip slabljenja zbog savijanja je prikazan na slici 3. Kao što se vidi, svetlost više sada pada pod uglovima manjim od kritičnog ugla i izostaje totalna refleksija, tako da deo svetlosti izlazi iz jezgra.



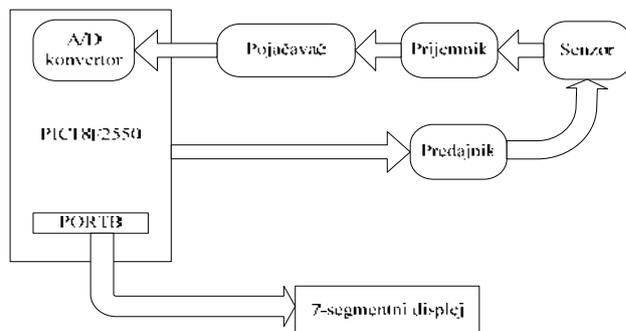
Slika 3. Izlazak dela svetlosti iz jezgra usled makrosavijanja

Za male krivine kod makrosavijanja su mali gubici, tj. malo slabljenje, praktično zanemarljivo. Kod većih krivina, slabljenje je veće i kao rezultat imamo da je svetlost na prijemnom kraju znatno slabijeg intenziteta nego emitovana svetlost. Taj efekat se može iskoristiti za merenja jer će prijemni fototranzistor davati različite napone za različite uglove savijanja.

### 3. HARDVERSKA REALIZACIJA UREĐAJA

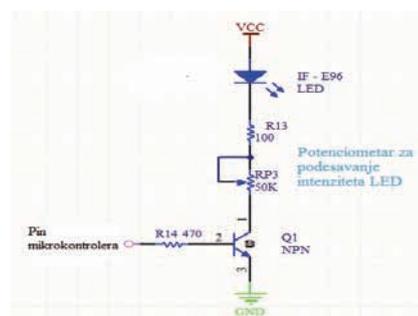
Na slici 4. prikazana je blok šema uređaja. Sistem se sastoji od senzora, koga čini optičko vlakno kao senzorski element, mikrokontrolera koji preko predajnika vrši pobudu senzora i obrađuje primljene podatke sa prijemnika i dalje ispisuje rezultat na displej, i pojačavača koji pojačava primljeni signal.

Princip rada je sledeći: Mikrokontroler preko tranzistora pali LED diodu koja šalje svetlosni signal kroz optičko vlakno, koje je zapravo senzor. Prijemnik čini fotoDarlington koji u zavisnosti od intenziteta svetlosti daje napon, koji se pojačava pojačavačem, a zatim meri 10-bitnim AD konvertorom u mikrokontroleru. U mikrokontroleru se primljeni podaci obrađuju i rezultat se ispisuje na 7-segmentni displej.



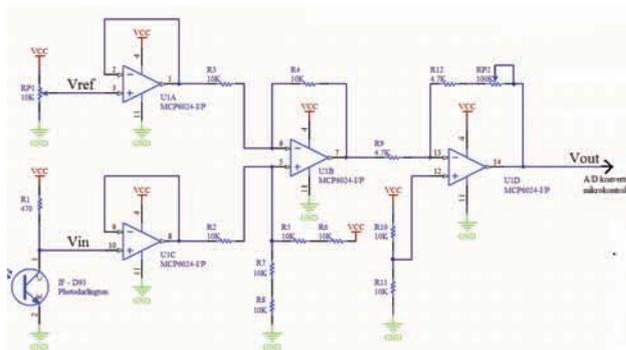
Slika 4. Blok šema uređaja

Predajni deo je prikazan na slici 5. Baza NPN tranzistora povezana je na I/O pin mikrokontrolera. Kada se na pin dovede logička jedinica, tranzistor počinje da provodi i LED dioda svetli. Na LED diodi se nalazi priključeno optičko vlakno u koji se na taj način dovodi svetost. Kada se optičko vlakno savija, dolazi do promene intenziteta svetlosti. Ta promena se pojačava i meri pomoću A/D konvertora mikrokontrolera.



Slika 5. Električna šema predajnika

Prijemni deo čini fotoDarlington IF-D93. Promenom intenziteta svetlosti kojom se osvetljava fotoDarlington, dolazi do promene napona na njegovom izlazu. Da bi se vršilo preciznije merenje i da bi se povećala osetljivost senzora, signal sa izlaza fotoDarlingtona se dovodi na pojačavač sa slike 6.



Slika 6. Električna šema pojačavača

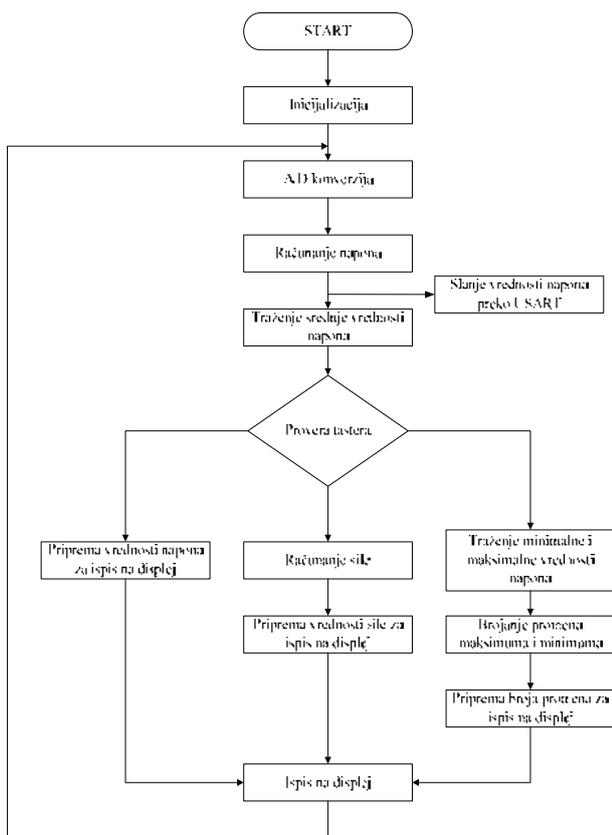
Ukupni izlazni signal  $V_{out}$  je dat izrazom (3)

$$V_{out} = A \cdot (V_{ref} - V_{in}) + 2,5 \text{ V} \quad (1)$$

Ako je  $V_{in}$  približno jednak  $V_{ref}$  pojačava se samo promena ulaznog signala. Ako je  $V_{in} = V_{ref}$  tada je izlazni napon 2,5 V. Ukoliko intenzitet svetlosti u vlaknu opada ( $V_{in}$  raste), izlazni napon opada ispod 2,5 V. Ako intenzitet svetlosti u vlaknu raste ( $V_{in}$  opada), izlazni napon  $V_{out}$  raste iznad 2,5 V.

#### 4. SOFTVERSKA REALIZACIJA UREĐAJA

Na slici 7. je dat algoritam rada celokupnog uređaja. Kao što je prikazano na slici 7. kada se pokrene program, prvo se vrši inicijalizacija, tj. konfigurisanje A/D konvertora, tajmera, I/O portova i postavljanje inicijalnih vrednosti promenljivih. Nakon izvršene inicijalizacije se vrši A/D konverzija, a zatim se dobijena vrednost sa A/D konvertora preračunava u napon. Izračunata vrednost napona se preko UART-a šalje na PC računar. Zbog veoma brzih promena napona, traži se srednje vrednosti napona koja se lakše ispisuje na displej i olakšava računanje tražene sile. Zatim se ulazi u mod kalibracije. U ovom modu se prikazuje napon na displeju i vrši podešavanje početne vrednosti napona. Nakon izvršene kalibracije, proveravaju se tasteri. Ako je pritisnut taster 0, tada se prikazuje napon i zapravo se vraća u mod kalibracije ukoliko je to u nekom trenutku potrebno. Ako je pritisnut taster 1, vrši se računanje sile na osnovu izmerenog napona i ta vrednost se ispisuje na displej. Za pritisnut taster 3, se vrši traženje minimalne i maksimalne vrednosti napona i brojanje promena ovih vrednosti. Ovo je potrebno za opciju merenje broja stisaka. Takođe se broj promena ispisuje na displej. Nakon ispisivanja na displej bilo koje pomenute vrednosti, program se vraća na vršenje A/D konverzije.

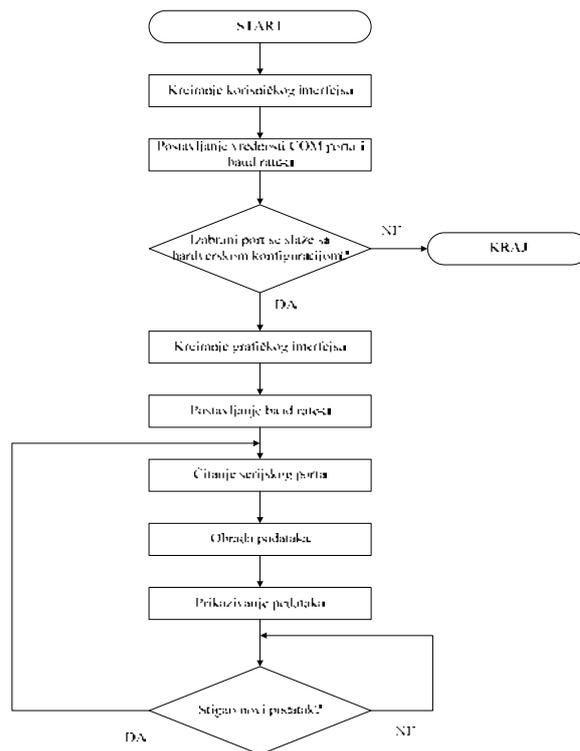


Slika 7. Algoritam rada celokupnog uređaja

#### 5. KORISNIČKA APLIKACIJA U JAVI

Na slici 8. je prikazan uopšteni algoritam rada korisničkog programa. Kada se program pokrene, prvo se vrši kreiranje grafičkog interfejsa za izbor COM porta i baud rate-a. Zatim se izabrane vrednosti prosleđuju i

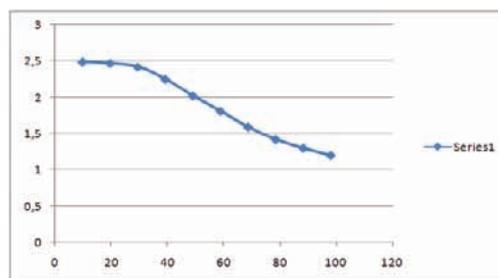
koriste u glavnoj *SimpleRead* klasi za aktiviranje serijskog porta. Ako se izabrani COM port slaže sa priključenom hardverskom konfiguracijom, prelazi se na kreiranje grafičkog interfejsa za prikaz rezultata obrade primljenih podataka. Nakon toga se postavlja izabrani baud rate i započinje se komunikacija. Primljeni podaci se obrađuju i rezultati se prikazuju na prethodno kreiranom grafičkom interfejsu. Potrebno je napomenuti da je program napisan u Javi vođen događajima (event). To znači da se vrednosti promenljivih menjaju kada se desi neki događaj (na primer klik miša). U ovom programu je glavni događaj primljeni podatak sa serijskog porta. To znači da se sa svakim novim primljenim podatkom ponovo prolazi kroz program.



Slika 8. Algoritam rada korisničkog programa

#### 6. KARAKTERISTIKA SENZORA

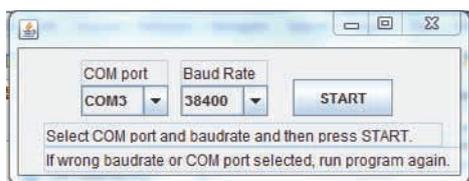
Karakteristika senzora je dobijena na sledeći način. Ako se silom deluje vertikalno na dole, znači da će sila koja deluje na telo biti  $F=m \cdot g$ , gde je  $m$  - masa, a  $g$  - ubrzanje zemljine teže. Vodeći se ovim eksperimentom, zaključujemo da ako se deluje silom na senzor (optičko vlakno) vertikalno prema dole, na njega će delovati sila  $F=m \cdot g$ . Intenzitet svetlosti, a time i napona će se menjati u skladu sa silom. Analizom karakteristike sa slike 9. se može preračunati sila preko izmerenog napona.



Slika 9. Izmerena karakteristika senzora

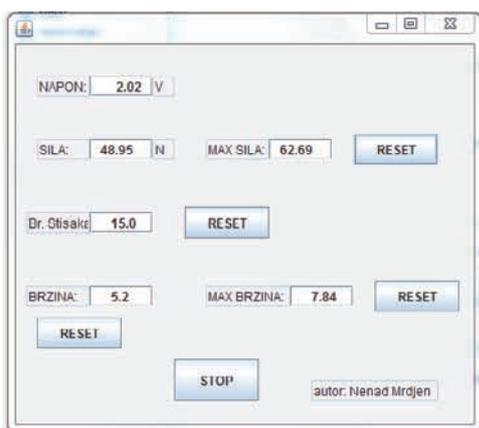
## 7. PRIKAZ REZULTATA U APLIKACIJI

Na slici 10. prikazan je prozor za odabir COM porta i baud rate-a.



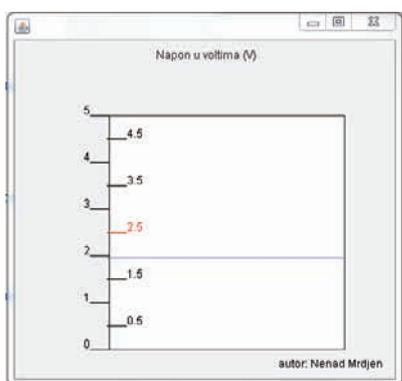
Slika 10. Prozor koji prikazuje izbor COM porta i baud rate-a

Na slici 11. je dat numerički prikaz rezultata kao i kontrolna dugmad.



Slika 11. Numerički prikaz rezultata i kontrolnih dugmadi

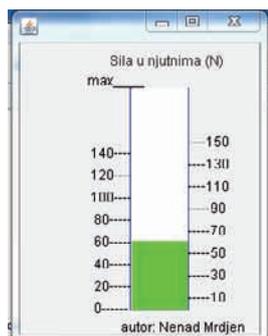
Na slici 12. prikazan je za grafički prikaz izmerenog napona.



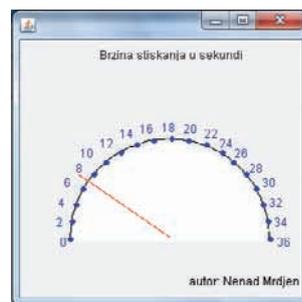
Slika 12. Grafik koji prikazuje izmereni napon

Na slici 13. dat je grafički prikaz izmerene sile.

Na slici 14. dat je prikaz frekvencije pritiskanja senzora.



Slika 13. Grafički prikaz izmerene sile



Slika 14. Grafički prikaz frekvencije stiskanja senzora

## 8. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio da se prikaže rad fiber-optičkog senzora sile, što je uspešno urađeno. Na osnovu rezultata može se zaključiti da uređaj dobro radi. Nema veliku preciznost ali je potpuno zadovoljavajući za veliki broj primena. Dobra karakteristika ovog uređaja je što može da šalje izmerene vrednosti preko serijskog porta na PC računar. Prednost aplikacije napisane u Java programskom jeziku je što se može koristiti na bilo kom PC računaru.

## 6. LITERATURA

- [1] <http://www.southampton.ac.uk/~rmc1/robotics/artactie>
- [2] Prof. Dr Nebojša Dončov, Kablovi i optički komunikacioni sistemi, Niš, 15.01.2010.
- [3] Miloš Slankamenac, Milan Vranić, Nikola Stojanović, Miloš Živanov, Miodrag Jelić, Jovan Bajić, Dragan Stupar, SIMULACIJE EFEKTA SAVIJANJA KOD PLASTIČNIH OPTIČKIH VLAKANA, IFOTEH-JAHORINA., Mart 2011.

## Kratka biografija:



**Nenad Mrđen** rođen je u Novom Sadu 1986. god. Osnovne akademske studije je završio na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mikroročunarska elektronika na usmerenju za Primenjenu elektroniku 2012. god.



**Jovan Bajić** rođen je u Sremskoj Mitrovici 1986. god. Master studije je završio na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mikroročunarska elektronika na usmerenju za Primenjenu elektroniku 2010.god.



**Dragan Stupar** rođen je u Bačkoj Palanci 1986. godine. Master studije je završio na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mikroročunarska elektronika usmerenje za Primenjenu elektroniku 2010. god.



**Miloš Slankamenac** rođen je u Novom Sadu 1977. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2010.god., a od 2011. god. je u zvanju docenta na FTN. Oblasti interesovanja su mu elektronika i optoelektronika.



**Bojan Dakić** rođen je u Novom Sadu 1986. god. Master studije je završio na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mikroročunarska elektronika na usmerenju za Primenjenu elektroniku 2011. god.

**HIBRIDNI ARQ PROTOKOL ZA ZDRUŽENI PRENOS PAKETA NEJEDNAKE DUŽINE  
A HYBRID ARQ PROTOCOL FOR AGGREGATED PACKETS OF UNEQUAL LENGTH**Dalibor Milić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Cilj ovog rada jeste da se opišu osnove hibridnog ARQ protokola za združeni prenos i postupak za ispravljanje grešaka pri selektivnoj retransmisiji paketa nejednake dužine korišćenjem celobrojnog zaštitnog koda niske potrošnje. Prikazani su rezultati izvršenih simulacija ovog sistema, kao i uporedni rezultati za hibridni ARQ i ARQ način ispravljanja združenih paketa.

**Abstract** – The aim of this article is to describe the basics of hybrid ARQ protocol for aggregated transmission and procedures for correcting error based on selective retransmission in packets of unequal length using low power integer code. The paper presents the results of the simulations and compares them with results for classical ARQ correction of aggregated packets.

**Gljučne reči:** Zdrženi prenos paketa, paketi nejednake dužine, hibridni ARQ, celobrojni kodovi.

**1. UVOD**

Da bi smo povećali energetska efikasnost prilikom slanja paketa, potrebno je smanjiti redundansu, tj. potrebno je smanjiti količinu podataka koja je potrebna za slanje svakog paketa nezavisno. Iz tog razloga se uvodi grupisanje paketa u zajednički združeni paket (ram). Grupisanje paketa je korisno ukoliko su paketi male veličine u odnosu na maksimalan protok, kao i ukoliko svaki paket ima veliki procenat dodatnih informacija (zaglavlja, zaštitno kodovanje, itd). Ukoliko su paketi nejednakih dužina, tada zaštitno kodovanje može dodatno da se iskomplikuje i da postane nepraktično. Zbog toga se paketi često dele na jednake delove, kojima se zatim nezavisno dodaje zaštitna redundansa. Kod koji će biti predstavljen u ovom radu radi sa paketima nejednakih dužina obezbeđujući pri tom efikasno zaštitno kodovanje.

Ukoliko se koriste kodovi za detekciju grešaka, moguće je ispraviti kod pomoću retransmisije pri čemu su moguća dva načina realizacije:

- u slučaju da je zaštitna redundansa dodata na združeni paket, prilikom greške doći će do retransmisije celog združenog paketa (ovde je problem što su većina paketa koji se retransmituju bili ispravni, pa ovaj vid ispravke smanjuje efikasnost prenosa);
- u slučaju da je zaštitna redundansa dodata na svaki paket posebno, omogućava se selektivna retransmisija, ali povećava se redundansa koja se prenosi uz svaki paket unutar združenog paketa (smanjuje se efekat grupisanja).

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Dragana Bajić, red. prof.

Na osnovu prethodnih načina za realizaciju detekcije grešaka, kodove možemo podeliti u dve grupe: prvi je pomoću ARQ procedure (*Automatic Repeat reQuest*) za automatsku retransmisiju paketa na kojima je detektovana greška i drugi način je pomoću AFR procedure [1] (*Aggregation with Fragment Retransmission*). AFR procedura je razvijena za potrebe selektivne retransmisije pojedinih paketa (ili fragmenata) iz združenog paketa, ali sa redundansom dodatom na svaki paket.

Hibridni kodovi podrazumevaju ugrađene kodove za detekciju greške koji nakon detektovane greške, ne zahtevaju ponovni prenos paketa, već šalju samo zahtev za dodatnom redundansom, koja je potrebna za ispravljanje grešaka, ali bez mogućnosti da se proveriti da li je greška zaista ispravljena (postoji mogućnost da se dogodila greška u ispravljanju).

Prednost koda koji će biti predstavljen u ovom radu, pored niske potrošnje, je u tome što ovo rešenje karakteriše mogućnost dodatne provere procedure ispravljanja grešaka. Ako je dodatna provera neuspešna, vrši se retransmisija (ponovno slanje) samo neispravnih paketa.

Ovakav vid združivanja ima različite primene, kao što je primena u VoIP-u [4] i u bežičnim mrežama [5].

**2. HIBRIDNI ARQ PROTOKOL ZA ZDRUŽENI PRENOS PAKETA NEJEDNAKE DUŽINE**

Prednost hibridnog ARQ protokola za združeni prenos paketa nejednake dužine je što, uz kodnu brzinu blisku teorijskoj granici, štiti združene pakete različite dužine. Pored toga, kodovanje i formiranje sindroma, kao i ispravljanje grešaka sačinjeni su iz jednostavnih procedura (potreban mali broj operacija za izračunavanje).

Ispravnost združenog paketa se proverava pomoću dvostruke Flečerove ček-sume [2].

Ukoliko je prenos višesimbolski, greške na simbolima se ispravljaju kodovima koji operišu nad poljem Galoa, tako je i u slučaju ovog koda, sve operacije se rade nad prstenom celih brojeva, tj. po modulu  $m=2^L-1$ , gde je  $L$  dužina bajta iskazana u bitima.

**2.1. Predajna strana**

Kao što je već rečeno ispravnost paketa se proverava pomoću dvostruke Flečerove ček-sume, koja se dodaje na združeni paket, pri čemu se računaju i pomoćne ček-sume, koje se šalju samo ukoliko je došlo do greške. Sa memorijske strane utrošak resursa za izračunavanje ček-suma je dva registra za formiranje ček-suma, i po dva pomoćna registra za svaki paket, pri čemu je početna vrednost za sve registre nulta. Ček-sume se računaju tako što se svaki dolazni bajt paketa dodaje sadržaju prvog pomoćnog registra tog paketa, a zatim se sadržaj tog

registra dodaje sadržaju drugog pomoćnog registra paketa. Na ovaj način se sa samo dve operacije po bajtu realizuju pomoćne ček-sume  $C_{1j}$  i  $C_{2j}$ ,  $j=1, \dots, M$  ( $M$  – broj paketa koji su združeni) za svaki paket (1) i (2).

Prednost ovakvog izračunavanja pomoćnih ček-suma je u tome što ih nije potrebno dodatno računati, već su one međurezultati u računanju združenih ček-suma. Način računanja se može predstaviti i simbolički kao:

$$C_{1j} = - \sum_{i=1}^{Lp(j)} b_i(j), \quad j = 1, \dots, M \quad (1)$$

$$C_{2j} = - \sum_{i=1}^{Lp(j)} (Lp(j) + 1 - i) \cdot b_i(j), \quad j = 1, \dots, M \quad (2)$$

Da bi dobili vrednosti prve ček-sume  $C_1$  potrebno je da se svaka pomoćna ček-suma  $C_{1j}$  pomnoži sa koeficijentima  $K_j$ ,  $j=1, \dots, M$  ( $K$  – coset leaders, vrednosti u zavisnosti od broja bita u bajtu  $L$  i od broja paketa u združenom paketu  $M$ , mogu se videti u [6]) i sabiraju se sa sadržajem prvog registra. Druga ček-suma  $C_2$  računa se tako što se svaka pomoćna ček-suma  $C_{2j}$  sabira sa sadržajem drugog registra. Formule se simbolički mogu prikazati kao:

$$C_1 = b_{N+1} = - \sum_{j=1}^M K_j \cdot \sum_{i=1}^{Lp(j)} b_i(j) = \sum_{j=1}^M K_j \cdot C_{1j} \quad (3)$$

$$C_2 = b_{N+2} = - \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{Lp(j)} (Lp(j) + 1 - i) \cdot b_i(j) = \sum_{j=1}^M C_{2j} \quad (4)$$

gde je  $Lp(j)$ ,  $j=1, \dots, M$  predstavlja broj bajtova u svakom od  $j$  paketa, pri čemu maksimalna dužina paketa je  $Lp(j) \leq 2^L - 2$ , a  $b_i(j)$  predstavlja  $i$ -ti bajt u  $j$ -tom paketu.

Izgled združenog paketa se može videti na slici 1.

## 2.2. Prijemna strana

Na prijemnoj strani preneseni podaci se drugačije obeležavaju, kako bi se razlikovali od originalnih podataka (jer postoji mogućnost da se prilikom prenosa desila greška na njima), tako da preneseni niz bajtova  $b_i(j)$  označavamo kao  $\hat{b}_i(j)$ .

Na prijemnoj strani se sa istim resursima, kao i sa istom procedurom kojom su se računale jednačine (1) i (2), računaju pomoćne sume  $\hat{X}_{1,j}$  i  $\hat{X}_{2,j}$ ,  $j=1, \dots, M$ , kao i glavne sume  $\hat{X}_1$  i  $\hat{X}_2$ , čijim se sabiranjem sa prenetim ček-sumama  $\hat{C}_1$  i  $\hat{C}_2$  formiraju sindromi  $S_1$  i  $S_2$ :

$$S_1 = \hat{X}_1 + \hat{C}_1 = \sum_{j=1}^M K_j \cdot \hat{X}_{1j} + \hat{C}_1 \quad (5)$$

$$S_2 = \hat{X}_2 + \hat{C}_2 = \sum_{j=1}^M \hat{X}_{2j} + \hat{C}_2 \quad (6)$$

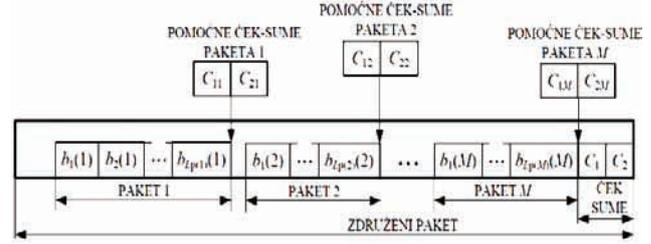
## 2.2. Detekcija i ispravljanje grešaka

Ukoliko u prenosu nije bilo grešaka, oba sindroma (5) i (6) su jednaka nuli.

U slučaju da se greška dogodila, tj. da sindromi imaju nenulte vrednosti postoje tri mogućnosti:

- Ispraviti jednu grešku po združenom paketu, prema detaljnim objašnjenjima datim u radovima [1] i [7];

- Tražiti retransmisiju celog združenog paketa – ARQ prenos (čime se smanjuje efikasnost prenosa);
- Primeniti hibridnu proceduru za ispravljanje koda.



Slika 1. Izgled združenog paketa sa dodatim ček-sumama koje se prenose i pomoćnim ček-sumama

## 2.3. Hibridna procedura ispravljanja grešaka koje su nastale usled prenosa

Na osnovu ulaznih podataka ( $S_1, S_2, M, Lp(j)$ ), i unapred poznatih podataka ( $L, m=2^L-1, K_j$ ) može da se odredi tip greške: nema greške – TIP I, greška koju je moguće ispraviti – TIP II, detektovana greška koju nije moguće ispraviti – TIP III.

Kao što je već rečeno, ukoliko su oba sindroma  $S_1$  i  $S_2$  različita od nule, prijemnik od predajnika zahteva prenos pomoćnih ček-suma  $C_{1j}$  i  $C_{2j}$ ,  $j=1, \dots, M$ . Na osnovu primljenih ček-suma se izračunavaju po dva pomoćna sindroma  $S_{1j}$  i  $S_{2j}$  za svaki paket (ukupno  $M$  parova pomoćnih sindroma).

$$S_{1j} = \hat{X}_{1j} + \hat{C}_{1j} \quad (7)$$

$$S_{2j} = \hat{X}_{2j} + \hat{C}_{2j} \quad (8)$$

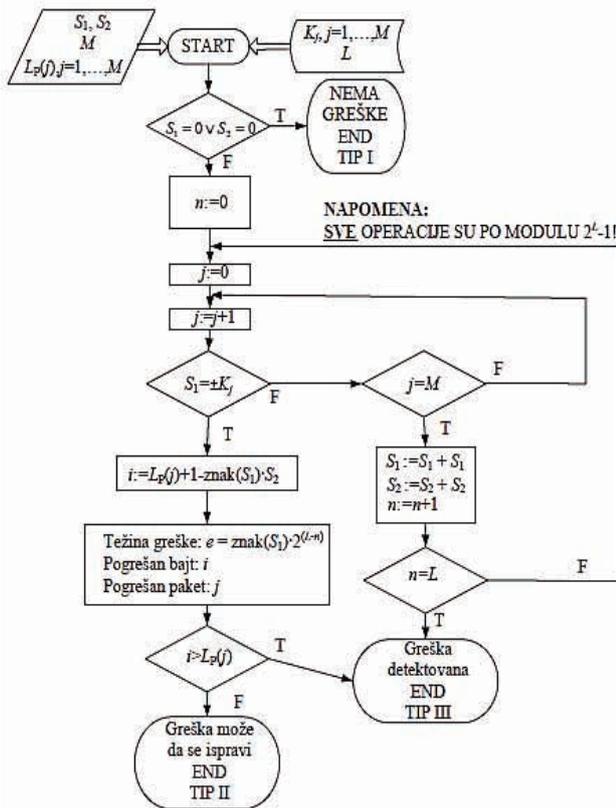
za  $j=1, \dots, M$ .

Nakon izračunavanja pomoćnih sindroma  $S_{1j}$  i  $S_{2j}$  svaki par se nezavisno obrađuje na sledeći način:

- ako je vrednost pomoćnih sindroma jednaka nuli ( $S_{1j}=0 \wedge S_{2j}=0$ ) tada je taj paket ispravan – TIP I;
- ako je jedan od pomoćnih sindroma jednak nuli, a drugi različit od nule tada se ovaj paket karakteriše kao paket TIP III i ovakav paket nije moguće ispraviti, tj. potrebna je retransmisija ovog paketa;
- ako su oba pomoćna sindroma različita od nule, tada se pristupa pokušaju ispravke greške, moguće je dobiti jednu od dve mogućnosti: da paket bude TIP II – ukoliko je moguće ispraviti grešku koja je nastala u tom paketu; ili TIP III ukoliko nije moguće ispraviti grešku/-e koje su nastale.

Postupak ispravljanja i klasifikacija paketa (određivanja kojem tipu pripadaju) prikazan je dijagramom toka na Slici 2. Dijagram toka koji opisuje ispravljanje grešaka može se opisati na sledeći način:

Ukoliko smo odredili da paket spada u treću grupu (obe pomoćne sume su različite od nule), tada sukcesivno udvostručavamo vrednost prvog pomoćnog sindroma  $S_{1j}$ , i ukoliko njegova vrednost nakon  $n < L$  udvostručavanja postane jednaka  $\pm K_1$  po modulu  $m$ , tada možemo taj paket okarakterisati kao paket TIP-a II i pristupiti ispravljanju greške. Ukoliko nakon  $n=L$  udvostručavanja  $S_{1j}$  ne bude jednak  $\pm K_1$  tada smatramo da taj paket pripada TIP-u III.



Slika 2. Dijagram ispravljanja grešaka na združenim paketima nejednake dužine

Ukoliko je  $S_{1j} \cdot 2^n = \pm K_1$ ,  $n = 0, \dots, L-1$ , tada možemo da pristupimo ispravljanju greške koja je nastala u tom paketu. Potrebno je naglasiti da je potrebno i drugu pomoćnu ček-sumu  $n$  puta udvostručiti. Postupak se može predstaviti jednostavnim algoritmom:

$$S_{1x2}(n) = \pm K_1$$

$$\text{znak}(S_{1x2}(n)) = \text{modular\_sign}(\pm K_1) - \text{znak greške odgovara znaku sindroma}$$

$$S_{2x2}(n) = \pm(Lp(j) + 1 - i) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i = Lp(j) + 1 - \text{znak}(S_{1x2}(n)) \cdot S_{2x2}(n)$$

$$e = 2^{L-n} \Rightarrow \text{apsolutna težina greške} = e$$

gde je  $S_{1x2}(n)$  predstavlja vrednost prvog sindroma nakon  $n$  sukcesivnih udvostručavanja, a  $i$  predstavlja pogrešan bajt u paketu.

Težina greške koja se može ispraviti ovim kodom je  $e = 2^j | j = 0, \dots, L-1$ , osim ukoliko dužina bajta  $L$  nije prost broj, tj.  $L \in \{5, 7, 13, 17, 19\}$  za  $L \leq 32$  tada je moguće ispraviti bilo koju apsolutnu težinu greške koja se dogodila u paketu.

Za svaki paket za koji je ispravljena greška generiše se par podataka:  $(i_j, e_j)$ , gde je sa  $i_j$  označena lokacija greške unutar paketa, a  $e_j$  apsolutna težina greške koja uključuje i znak. Potreba za ovakvim parovima se ogleda u tome što su potrebni za računanje korigovanih združenih sindroma:

$$S_{1COR} = \sum_{j \in \text{TIP II}} K_j \cdot e_j \quad (9)$$

$$S_{2COR} = \sum_{j \in \text{TIP II}} (Lp(j) + 1 - i_j) \cdot e_j \quad (10)$$

Da bi prihvatili združeni paket kao ispravan potrebno je da korigovani sindromi  $S_{1COR}$  i  $S_{2COR}$  budu jednaki

združenim sindromima  $S_1$  i  $S_2$ . Ukoliko je ispunjen zahtev paket se prihvata kao ispravan i nema potrebe za daljim akcijama za proverom i/ili ispravkom podataka unutar paketa. Ukoliko korekcion i združeni sindromi nemaju jednake vrednosti tada se vrši retransmisija svih paketa TIP II i TIP III, i nakon prijema ovi paketi zamenjuju neispravne pakete.

Nakon retransmisije potrebno je ponovno računanje pomoćnih suma  $\hat{X}_{1j}$  i  $\hat{X}_{2j}$  ((1) i (2)), kao i računanje pomoćnih sindroma  $S_{1j}$  i  $S_{2j}$  ((7) i (8)) ( $j \in$  neispravnim paketima).

### 3. PRAKTIČAN DEO RADA

Tema praktičnog dela rada bila je razvoj i implementacija hibridnog ARQ protokola za združeni prenos paketa nejednake dužine. Za potrebe ovog rada rađena je simulacija u kojoj je broj bita u bajtu  $L=8$ , a koeficijenti, tj. coset leaders-i su  $K \in \{1, 7, 11, 13, 19, 23, 37, 43\}$  [6], kao i pretpostavka da je broj paketa unutar združenog paketa  $M=8$ . Broj elemenata u združenom paketu iznosi  $8 \cdot 254 = 2032$  bajta informacione sekvence i još dva dodatna bajta predviđena za ček-sume, što predstavlja maksimalnu dužinu (veličinu) združenog paketa, koja se dobija ukoliko se zadovolji uslov da svaki paket ima maksimalno  $2^L-2$  bajtova. Ukoliko je paket duži od navedenog uslova potrebno ga je skratiti, kao što je predstavljeno u [1].

Za potrebe ove simulacije korišćeni su paketi iste dužine kako bi se dobio paket maksimalne dužine i rezultati te simulacije su predstavljani u tabeli 1. U tabeli 2 su rezultati za simulaciju u kojoj se nalazilo ukupno 250+2 bajta u osam paketa (paketi su bili različitih dužina  $Lp(j) = \{32, 50, 40, 20, 30, 10, 32, 36\} = 250$  elemenata informacione sekvence).

Potrebno je napomenuti da se u samoj izradi ove simulacije korišćena pretpostavka da ukoliko se dogodi da jedna od združenih ček-suma  $S_1$  ili  $S_2$  bude jednaka nuli, a druga različita od nule, smatra se da je greška "pogodila" ček-sumu i takav se paket prihvata kao ispravan.

Iz tabela 1 i 2 može se videti da procenat ispravljenih paketa (druga kolona) je veoma velik za verovatnoće do  $10^{-2}$ . S obzirom da npr. u optičkim komunikacijama verovatnoća greške u kanalu  $10^{-5}$  smatra se da je kanal u prekidu, rezultati za verovatnoće veće od  $10^{-2}$  su od teorijskog značaja, dok njihov praktični značaj je veoma mali.

U tabelama kolone su označene rednim brojevima, koji predstavljaju:

- 1 - procenat ispravno prenetih združenih paketa
- 2 - procenat ispravljenih združenih paketa u odnosu na ukupan broj neispravnih paketa
- 3 - procenat odbačenih združenih paketa posle  $N$  pokušaja retransmisije
- 4 - procenat odbačenih združenih paketa, usled grešaka na združenim sindromima  $S_1$  i  $S_2$

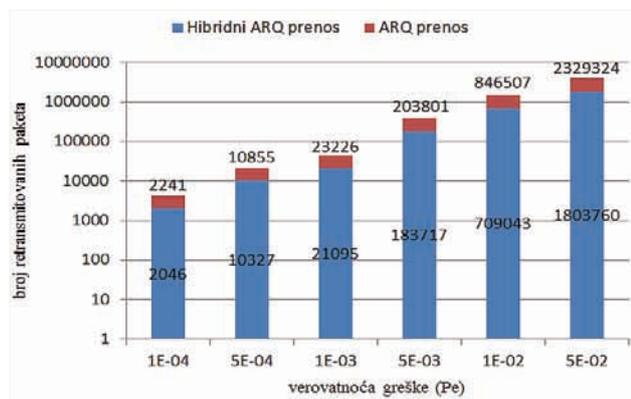
Tabela 1. Rezultati eksperimentalnih merenja za 2032 elementa

probability	1	2	3	4
1e-04	80,27%	98,58%	0%	0,28%
5e-04	35,63%	98,76%	0%	0,80%
1e-03	12,40%	98,89%	0%	0,97%
5e-03	32,62%	97,45%	0,27%	1,45%
1e-02	23,00%	9,08%	65,47%	4,54%
5e-02	0,00%	0,02%	95,41%	4,57%

Tabela 2. Rezultati eksperimentalnih merenja za 250 elemenata

probability	1	2	3	4
1e-04	97,31%	99,26%	0%	0,02%
5e-04	88,20%	99,07%	0%	0,11%
1e-03	78,46%	99,30%	0%	0,15%
5e-03	28,63%	99,06%	0%	0,67%
1e-02	10,82%	99,08%	0,02%	0,80%
$5 \cdot 10^{-2}$	27,15%	46,70%	35,46%	3,37%

Prednost hibridnog ARQ koda u odnosu na klasični ARQ kod se zasniva pre svega u tome što je potreban manji broj retransmisija, čime se kanal manje opterećuje i smanjuje se kašnjenje (*engl. frame delay*). Razlika u broju retransmitovanih malih paketa se najbolje može videti na slici 3 gde za verovatnoću od  $5 \cdot 10^{-2}$  razlika u broju retransmitovanih paketa iznosi 525564 paketa.



Slika 3. Razlika u broju retransmitovanih paketa za hibridni ARQ i ARQ

#### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je hibridni ARQ protokol za združeni prenos paketa nejednake dužine, kao i rezultati simulacije istog koda.

Prednost ovog koda ogleda se u brzini i jednostavnosti kako na predajnoj strani tako i na prijemnoj strani (detekcija i otklanjanje grešaka) kao i u mogućnosti provere da li je kod ispravljen. Iz tih razloga može se reći da ovaj kod kombinuje nekoliko metoda: združivanje paketa, zatim AFR [1], hibridni ARQ (HARQ tip I i II). Primena ovakvog koda namenjena je pre svega za prenos podataka sa visokom pouzdanošću, i u bežičnim senzorskim mrežama koje su smeštene na nedostupnim lokacijama bez infrastrukture, itd.

#### 5. LITERATURA

- [1] Tianji Li, Qiang Ni, David Malone, Douglas Leith, Yang Xiao and Thierry Turletti, "Aggregation With Fragment Retransmission for Very High-Speed WLANs", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 17, No. 2, April 2009. pp 591-604
- [2] J.G. Fletcher, "An Arithmetic Checksum for Serial Transmission", IEEE Trans. on Comm.,COM-30, No. 1, 247-252., 1982
- [3] D. Bajić, G. Dimić, N. Zogović, Tatjana Loncar - Turukalo "A Hybride Procedure with Selective Retransmission for Aggregated Packets of Unequal Length", Accepted for ICC 2013, Budapest, 2013.
- [4] K. Kim, S. Ganguly, R. Izmailov, and S. Hong, "On packet aggregation mechanisms for improving VoIP quality in mesh networks", Veh. Technol. Conf. 2006 (VTC 2006-Spring), May 2006, pp. 891-895.
- [5] T. Razafindralambo, I.G. Lassous, L. Iannone, and S. Fdida, "Dynamic packet aggregation to solve performance anomaly in 802.11 wireless networks", in Proc. 9th ACM International Symp. Modeling Analysis Simulation Wireless Mobile Syst, 2006, pp. 247-254.
- [6] [www.ktios.net/images/stories/clanovi\\_katedre/dragana\\_bajic/COEF.pdf](http://www.ktios.net/images/stories/clanovi_katedre/dragana_bajic/COEF.pdf)
- [7] D. Bajić and A. Burr, "A Simple Suboptimal Integer Code", International Symposium on Information Theory and its Applications, ISITA2004, Parma, Italy: pp 1315-1320.

#### Kratka biografija:

**Dalibor Milić** rođen je u Zadru 1988. god. Diplomski – master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Komunikacione tehnologije i obrada signala odbranio je 2013. god.

**KOMPARATIVNA ANALIZA PRAVILNIKA IZ OBLASTI TELEKOMUNIKACIJA  
COMPARATIVE ANALYSIS OF REGULATIONS IN THE COMMUNICATION FIELD**Sladan Delić, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je predstavljena analiza, odnosno poređenje srpskog predloga "Pravilnika o tehničkim uslovima za elektronsko komunikacionu opremu poslovnih i stambenih zgrada" i hrvatskog "Pravilnika o tehničkim uvjetima za elektroničku komunikacijsku mrežu poslovnih i stambenih zgrada". Cilj ovog rada jeste da ukaže na nedostatke srpskog predloga Pravilnika u odnosu na hrvatski Pravilnik, iz kog srpski predlog Pravilnika i proističe. Ukazano je na brojne nedostatke koji su proistekli iz neozbiljnog pristupa u izradi srpskog predloga Pravilnika. Takođe, ukazano je i na novi dokument (UPUTSTVO o realizaciji tehničkih i drugih zahteva pri izgradnji elektronske komunikacione mreže i pripadajućih sredstava u stambenim i poslovnim objektima), koji je mnogo kompletnije napisan, a pojavio se u finalnoj fazi pisanja ovog rada.

**Abstract** - This paper presents the analysis and comparison of the Serbian proposal "Regulation on technical requirements for electronic communications equipment of commercial and residential buildings" and Croatian "Regulation on the technical requirements for electronic communications network of commercial and residential buildings." The aim of this paper is to highlight the disadvantages of the proposed Serbian Regulation in relation to the Croatian Regulation, from which Serbian proposal Regulation stems. Many disadvantages, resulting from the frivolous approach in making Serbian proposal Regulation are pointed out. The new document (INSTRUCTION on the implementation of technical and other requirements in the construction of electronic communications network and associated assets in residential and commercial buildings), is analysed here as well, which appeared in the final stage of the research.

**Ključne reči:** EKM, Poslovne zgrade, Stambene zgrade, Poslovno-stambene zgrade, Kabliranje

**1. UVOD**

U analizi opisanih dokumenata srećemo se sa sledećim najvažnijim pojmovima:

**Elektronska komunikaciona mreža** je skup sredstava koja omogućavaju usmeravanje, komutaciju i prenos signala između određenih priključnih tačaka, žičanim, svetlosnim ili elektromagnetnim putem, bez obzira na vrstu informacije koja se prenosi.

**Elektronska komunikaciona infrastruktura** je skup elemenata koji služe za smeštaj (građevina, kontejner,

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Željens Trpovski, vanr. prof.

ormarić, antenski stub, kablovska kanalizacija i sl.) i podršku (napajanje energijom i vodom, sistemi klimatizacije, uzemljenja, dojava i zaštite i sl) elektronske komunikacione opreme.

**Elektronska komunikaciona oprema** je oprema koja pripada elektronskim komunikacionim mrežama i kojom se obavljaju usluge elektronskih komunikacija (uređaji, postrojenja, aparati, terminalna oprema, radio stanice i drugi tehnički uređaji uključujući i pripadajući softver) [1].

**Poslovna zgrada** je zgrada u kojoj je većina prostora namenjena kancelarijskom poslovanju, dok ostatak prostora služi njenoj infrastrukturnoj podršci. Pod prostorima namenjenim kancelarijskom poslovanju podrazumevaju se svi prostori u kojima se krajnji korisnici spajaju na elektronsko komunikacionu mrežu zgrade radi korišćenja mrežnih usluga za potrebe poslovanja.

**Stambena zgrada** je zgrada u kojoj je većina prostora namenjena stalnom ili povremenom stanovanju, dok se ostatak prostora koristi za infrastrukturnu podršku. uključuje i zgrade iste namene u okviru delatnosti koje su vezane za specifično iznajmljivanje nekretnina (npr. turizam).

**Poslovno-stambena zgrada** je zgrada u kojoj su pojedini prostori namenjeni kancelarijskom poslovanju, a drugi stanovanju, dok ostatak služi njihovoj infrastrukturnoj podršci [2] [3] [4].

Hrvatski Pravilnik sastoji se od 22 oblasti i 2 dodatka, dok srpski predlog Pravilnika uopšte nije podeljen na oblasti, što ga čini veoma konfuznim i komplikovanim za čitanje, pa je dalja analiza upravo išla po oblastima hrvatskog Pravilnika, gde su utvrđeni nedostaci a i prednosti i jednog i drugog Pravilnika. Takođe, primećuje se da je broj članova u srpskom Pravilniku 68, a da je broj članova u hrvatskom Pravilniku 136, što nam govori da hrvatski Pravilnik ima duplo veći broj članova i da je mnogo obimniji i detaljniji od srpskog predloga Pravilnika.

**2. ANALIZA PREDMETNIH PRAVILNIKA**

Generalno posmatrajući, može se primetiti da srpski predlog Pravilnika predstavlja sažetu verziju hrvatskog pravilnika, samo preveden na srpski jezik. Takođe, posmatrano u celini, hrvatski Pravilnik je dosta slikovitiji od srpskog, jer obiluje mnoštvom šema i tabela koje su u srpskom predlogu Pravilnika izostavljene. Time se čitaocima Pravilnika slikovitije prikazuje tema koja se pominje u pojedinom članu. S' obzirom na to, da su pojedini stručnjaci koji se bave ovom problematikom komentarisali da je hrvatski Pravilnik složen i pored mnoštva slika, tabela i objašnjenja, može se zaključiti koliko je tek složen srpski predlog Pravilnika. Generalno,

svi članovi hrvatskog Pravilnika koji su upućivali na tabele i slike, jednostavno su izostavljeni ili skraćeni do neupotrebljivosti.

Pri izradi srpskog predloga Pravilnika korišćen je očigledno hrvatski Pravilnik – "Pravilnik o tehničkim uvjetima za elektroničku komunikacijsku mrežu poslovnih i stambenih zgrada". Naziv srpskog predloga Pravilnika preuzet je direktno iz hrvatskog Pravilnika, s tim što umesto mreže u naslovu predloga Pravilnika stoji **oprema**.

U srpskom predlogu Pravilnika, kao što je već rečeno, ne postoji ni jedna oblast, ali ne postoji ni jedan član koji se bavi skraćenicama i simbolima. Odsustvo skraćenica i simbola leži u tome što su autori predloga Pravilnika, prilikom prevoda sa hrvatskog Pravilnika u potpunosti izostavili sve šeme i skraćenice, pa samim tim i nema potrebe za članom koji objašnjava značenje skraćenica i simbola. Zbog svih ovih činjenica, predlog Pravilnika deluje "suvoparno", monotono i većim delom nerazumljivo.

Iz hrvatskog Pravilnika, prikaz člana 2. koji prikazuje skraćenice i simbole koji se koriste u svim šemama u pravilniku:

#### Članak 4.

U ovom se Pravilniku rabe kratice i graficki simboli sljedecih značenja:

ACP spojna točka područja

ACR-F omjer slabljenja i preslušavanja na daljem kraju

ACR-N omjer slabljenja i preslušavanja na bližem kraju [3]



Slika 2.1. Prikaz simbola [3]

Zbog selekcije teksta, prilikom prevoda iz hrvatskog Pravilnika, u srpski predlog Pravilnika, za koje se ne mogu pronaći jasni kriterijumi, izostavljeni su svi oni članovi, stavovi i tačke iz hrvatskog Pravilnika koji su upućivali na tabele i slike, odnosno crteže. Samim tim, svi ti članovi skraćeni su do neupotrebljivosti.

Iz hrvatskog Pravilnika, prikaz člana 10. u kome je svaki stav povezan sa slikom koja ide uz ovaj član:

#### Članak 10.

(1) Tačka razgraničenja (TRG) vanjskog pristupnog EKM-a operatora i EKM-a zgrade/ korisnika poslovnog/stambenog prostora određuje se kao tačka u kojoj na relaciji EKM operatora-privatni EKM nastupa promjena vlasništva i/ili nadzora rada (upravljanja, održavanja i sl.) istih (Slika 4).

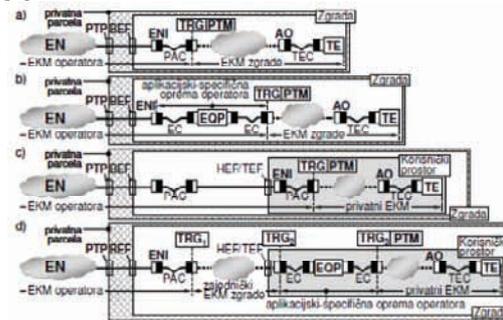
(2) TRG na razini kabliranja vanjskog pristupnog EKM-a i EKM-a zgrade određuje se temeljem smještaja sučelja vanjske pristupne mreže (ENI) i uvjeta priključenja EKM-a zgrade na isto odnosno EKM operatora.

(3) Ako operator za isporuku usluge rabi ili daje krajnjem korisniku usluge u najam aplikacijski-specifičnu opremu (usmjernik, modem, set-top-box i sl.), određuju se i TRG-i na razini priključaka predmetne aplikacijski-specifične opreme, a temeljem smještaja iste i uvjeta priključenja EKM-a zgrade/korisnika poslovnog/stambenog prostora na priključke iste.

(4) Priključnom tačkom mreže (PTM) smatra se tome odgovarajući TRG (Slika 4).

(5) Spojevi na svim ENI-ima, TRG-ima i PTM-ima moraju biti rastavljivi (utikač/utičnica, svjetlovodni konektori, priključci IDC-reglete/bloka i sl.). Ovisno o raspoloživoj razini signala, za povezivanje EKM-a operatora i EKM-a korisnika mogu se rabiti križane veze (Slika 4, Slika 8) i međuveze (Slika 7). Ako razina signala nije kritična, rabe se križane veze.

(6) Uvjetno rastavljivi (npr. mehaničke svjetlovodne spojnice) ili nerastavljivi (npr. zavarne svjetlovodne spojnice) spojevi mogu se u načelu rabiti samo unutar predmetnih EKM-ova (npr. poboljšanje bilance signala pri spoju svjetlovoda vanjskog i unutarnjeg kabela zamjenom prespojnog kabela (PAC) u dijelu EKM-a operatora (Slika 4c) zavarnom spojnicom), a ne na ENI-ima, TRG-ima i PTM-ima. [3]



Slika 2.2. Primeri tačaka razgraničenja (TRG) i priključnih tačaka mreže (PTM) – (Slika 4. – hrvatski Pravilnik) [3]

Iz srpskog predloga Pravilnika, prikaz člana 9. koji prati član 10. hrvatskog Pravilnika, ali sam u prva dva stava, gde imamo primer selekcije teksta, koji je direktno vezan za prethodnu sliku:

#### Члан 9.

Tačka razgraničenja spojašnje elektronske komunikacione mreže operatora i elektronske komunikacione mreže zgrade, odnosno korisnika poslovnog i stambenog prostora, određuje se kao tačka u kojoj na relaciji mreža za pristup operatora-privatna mreža za pristup nastupa promena vlasništva i/ili nadzora rada.

Tačka razgraničenja na nivou kablovske instalacije elektronske komunikacione mreže operatora i elektronske komunikacione mreže zgrade određuje se smještajem privoda mreže za pristup i utvrđivanjem uslova priključenja na elektronske komunikacione mreže zgrade na istu, odnosno elektronske komunikacione mreže operatora. [2]

Takođe, teško je razumeti zašto su autori srpskog predloga Pravilnika, izostavili veliki broj članova prilikom prepisivanja iz hrvatskog Pravilnika. Kao što imamo i primer selekcije članova, za koje se takođe ne mogu pronaći jasni kriterijumi. Izostavljeni su sledeći članovi:

- Delovi poglavlja IX: Kabliranje EKM zgrada, čl. 29. - 41.
- Delovi poglavlja X: EKM poslovnih zgrada, čl. 49. - 54.
- Delovi poglavlja XI: EKM stambenih zgrada, članovi 58., 62., 64.-66., 68. - 74.
- Deo poglavlja XII: EKM poslovno-stambenih zgrada, član 75.
- Delovi poglavlja XIII: Telekomunikacioni prostori, članovi 77., 85., 88., 91., 92., 95., 98., 105.
- Deo poglavlja XIV: Sistem za vođenje kabela, čl 107.
- Delovi poglavlja XV: Elektromagnetna kompatibilnost, sigurnost, električno napajanje, uzemljenje i izjednačenje potencijala, članovi 112. - 114.

- Poglavlje XVI: Instaliranje, član 115.
- Poglavlje XVII: Ispitivanje, članovi 116. - 123.
- Poglavlje XVIII: Dokumentacija, čl. 124. - 128.
- Poglavlje XIX: Tehnički pregled, član 129.
- Poglavlje XX: Upravljanje, članovi 130. - 133.
- Poglavlje XXI: Održavanje, čl. 134. - 135 [3].

Iz priloženog može da se zaključiti da su izostavljanjem ovih članova, izostavljene teme koje su od izuzetnog značaja za EKM poslovnih i stambenih zgrada.

Nakon pomenute selekcije, odnosno izostavljanja članova, stavova, tabela, crteža, odnosno slika, preostao je tekst koji bi bio nerazumljiv i neupotrebljiv i da nije preveden sa hrvatskog na srpski. Uz nestručan i veoma često potpuno pogrešan prevod, takva selekcija materijala se može označiti kao neupotrebljiva.

Tako na primer, hrvatski izraz za "headend" je "čelna postaja", što je autoru srpskog predloga Pravilnika očigledno delovalo rogovatno, pa je upotrebio izraz "hed-end", tj. napisao ga je onako kako se reč na engleskom izgovara. Naravno, to je potpuno besmisleno, jer je u kablovskim distribucionim sistemima na koje se odnosi, uobičajen izraz kod nas – glavna stanica. Interesantno je da se u kasnijem tekstu predloga Pravilnika ponegde pojavljuje i izraz glavna stanica, kao da nije u pitanju isti dokument.

Iz hrvatskog Pravilnika, član 3. stav 17.:

**Članak 3:**

*čelna postaja (HED, .HE; headend u EN 60728-1): oprema za obradu signala prijemnih antena i/ili drugih izvora, a prije njihove distribucije u ostatak BCTmreže; može sadržavati antenska pojačala, frekvencijske pretvornike i sl. ... [3]*

Iz srpskog predloga pravilnika, član 2. stav 144.:

**Члан 2.**

*144) хеденд је опрема за обраду сигнала пријемних антена и/или других извора, а пре њихове дистрибуције у остатак радиодифузне мреже (може садржати антенска појачала и сл);... [2]*

Pored ovog primera pogrešnog prevoda, imamo i još jedan karakterističan primer za nedovoljno razumevanje problematike kojom se bave predmetni Pravilnici. Naime, radi se o sledećem: u hrvatskom stručnom jeziku, pa i u predmetnom hrvatskom Pravilniku, za izraz "interface" koristi se izraz "sučelje".

U srpskom predlogu Pravilnika ovaj izraz prevodi se kao "privod", što je besmislica ne samo u jezičkom, već i u stručnom smislu.

Takav neodgovarajući prevod potpuno je obesmislio predlog Pravilnika, ne samo u delovima u kojima se pojavljuje pojam interface (odnosno interfejs na srpskom i privod u prevodu autora srpskog predloga Pravilnika na srpski), već i u celini. To je posledica činjenice da u oblasti elektronskih komunikacionih mreža zgrada, pored pojma interface objektivno postoje i pojmovi privoda/dovoda i uvoda, koji su u predlogu Pravilnika terminološki izjednačeni sa pojmom interface.

Iz hrvatskog Pravilnika, prikaz stavova iz člana 3. koji se odnose na pojam "interface" (hr. sučelje):

**Članak 3.**

*... sučelje aplikacijski-specifične mrežne opreme (EI; equipment interface u EN 50173-1): točka u kojoj se na generičko kabliranje ili*

*kabliranje pristupa mreži može spojiti aplikacijski-specifična mrežna oprema (npr. aktivna mrežna oprema ili terminalna oprema)*

*sučelje BCT-mreže stana (HNI; home network interface u EN 60728-1): sučelje za pristup BCT-mreži unutar stana; HNI je na razini stana, a u slučaju nepostojanja ili premoštenja BCT-okosnica i etažnog BCT-razvoda zgrade, praktički ekvivalentan sučelju vanjske pristupne mreže (ENI u EN 50173-1) ... [3]*

Iz srpskog predloga Pravilnika, prikaz stavova iz člana 2. koji se odnose na pojam "interface" (u srpskom jeziku, usvojeno kao "interfejs", a u predlogu pravilnika prevedeno kao "privod"):

**Члан 2.**

*86) привод апликацијски специфичне мрежне опреме је тачка у којој се на генеричко каблирање или каблирање приступа мрежи може спојити апликацијски специфична мрежна опрема;*

*87) привод мреже за пренос телевизијског сигнала зграде је привод за приступ мреже за пренос телевизијског сигнала унутар зграде са више корисника стамбених/пословних простора;... [2]*

Iz hrvatskog Pravilnika, prikaz dela člana 46.:

**Članak 46.**

*(1) Za smeštaj elemenata EKM-a poslovnih zgrada rabe se sljedeći telekomunikacijski prostori (Slika 15):*

*1. uvod u zgradu (BEF);*

*5. dodatni prostori u slučaju zgrade s više korisnika prostora;*

*a) uvod u prostor korisnika poslovnog prostora (TEF);... [3]*

Iz srpskog predloga Pravilnika, prikaz dela člana 30. (član 46. hr. Pravilnika), gde imamo primer da su u jednom stavu, autori srpskog predloga Pravilnika pojam "uvod" preveli kao "privod" i preveli kao "uvod", tj. samo ga tako prepisali:

**Члан 30.**

*За смештај опреме мреже електронских комуникација са припадајућом инфраструктуром електронских комуникација и повезаном опремом пословних зграда користе се следећи простори за системе електронских комуникација: привод мреже у зграду;*

*5. додатни простори у случају зграде са више корисника просторија или у простору једног корисника унутар зграде са више корисника простора:*

*(1) увод у простор корисника пословног простора,... [2]*

Iz hrvatskog Pravilnika, prikaz dela člana 59.:

**Članak 59.**

*(2) Funkcionalni elementi i sučelja podsustava iz stavka 1. ovog članka su:*

*2. granski dovod (BF);*

*3. sučelje BCT-mreže zgrade (BNI);*

*5. dovod (etažnog) ogranka (SF);*

*7. korisnički dovod (SBF);*

*8. sučelje BCT-mreže stana (HNI). [3]*

Iz srpskog predloga Pravilnika, prikaz člana 35. (član 59. hr. Pravilnika), gde opet imamo primer da su u jednom stavu autori "dovod" prevodili i kao "privod" i kao "dovod", ali to ne bi bilo toliko strašno da i "sučelje" u istom stavu nisu prevodili kao "privod", čime su terminološki izjednačili pojam "dovod" sa pojmom "sučelje".

### Члан 35.

Функционални елементи и приводи подсистема из става 1. овог члана су:

2. грански довод;
3. привод мреже за пружање радиодифузних услуга зграде;
- ...
5. привод етажног огранка;
- ...
7. кориснички привод;
8. привод мреже за пружање радиодифузних услуга стана [2]

### 3. NOVI DOKUMENT (UPUTSTVO)

U međuvremenu, u završnoj fazi izrade ovog rada, izašao je novi dokument - *UPUTSTVO o realizaciji tehničkih i drugih zahteva pri izgradnji elektronske komunikacione mreže i pripadajućih sredstava u stambenim i poslovnim objektima*, koji predstavlja zamenu za srpski predlog Pravilnika, odnosno konačnu verziju dokumenta koji propisuje tehničke zahteve pri izgradnji EKM-a u poslovnim i stambenim zgradama (objektima) [4].

Generalno posmatrajući, može se primetiti da je pristup pri izradi Uputstva bio mnogo ozbiljniji i da je puno truda uloženo u njegovu izradu.

Uputstvo, takođe, prati hrvatski Pravilnik, ali je i prošireno nekim novim članovima i dodacima i mnogo je obimniji od hrvatskog Pravilnika, a samim tim i od srpskog predloga Pravilnika.

Prilikom izrade Uputstva, uklonjene su sve one greške i nedostaci koji su bili sadržani u srpskom predlogu Pravilnika.

Nije vršena selekcija teksta, članova, po nekom nejasnom kriterijumu, nego je u potpunosti ispraćen primer hrvatskog Pravilnika, tj. svi članovi i sav tekst je preuzet.

Takođe, u poređenju sa hrvatskim Pravilnikom, u srpskom Uputstvu imamo podelu na Poglavlja, koja je u nešto izmenjenoj formi, u smislu da su korišteni drugi nazivi za poglavlja, ili su dva poglavlja iz hrvatskog Pravilnika smeštena u jedno u Uputstvu.

Poređenjem Uputstva sa hrvatskim pravilnikom, uočavamo da je Uputstvo mnogo preglednije od hrvatskog Pravilnika, jer je na samom početku dat sadržaj svega što se nalazi u samom dokumentu, kao i spisak slika i tabela.

Takođe, za razliku od hrvatskog Pravilnika, autori Uputstva su poravnjali tekst sa desne strane, svako novo poglavlje i dodatak kreće sa naredne strane, ne nastavlja se na istoj strani na kojoj se završava prethodno poglavlje (dodatak). Primedba na Uputstvo jeste što su ubačeni i neki nepotrebni dodaci, koji su ranije obrađeni u prethodnim poglavljima, kao npr. D.3. – *Dimenzionisanje kanala EKM zgrada* [4].

U poređenju sa predlogom Pravilnika, ispravljene su još neke greške koje su vezane za loše prevođenje pojedinih pojmova.

U Uputstvu su "sučelje" preveli kao "interfejs", a "uvod" ostaje "uvod", "dovod" je preveden kao "vod" i nema terminološkog i jezičkog izjednačavanja tih pojmova. Takođe i pojam "čelna postaja" preveden je kao "glavna stanica".

### 4. ZAKLJUČAK

Iz svega priloženog u ovom radu možemo zaključiti da je srpski predlog Pravilnika teško pratiti i da ga je veoma teško razumeti zbog izbacivanja slika, odnosno crteža, kao i tabela koji u hrvatskom Pravilniku prate tekst, a takođe nema ni podele na poglavlja kao i na podnaslove poglavlja.

Treba imati na umu da su hrvatskim Pravilnikom obuhvaćeni svi aspekti koji su od značaja pri planiranju, projektovanju, izgradnji, rekonstrukciji, dogradnji, korišćenju i održavanju EKM svih vrsta zgrada, sa pripadajućom elektronskom komunikacionom infrastrukturom i povezanom opremom, što ga čini multidisciplinarnim materijalom.

Imajući sve to u vidu, jasno je da se ovakav pravilnik ne može napraviti selektivnim prevodom pojedinih delova hrvatskog pravilnika-izbacivanjem slika i tabela, izbacivanjem onoga što prevodiocu nije bilo jasno, itd. Samim tim stavljanje ovakvog Pravilnika na javnu raspravu je bila ozbiljna greška, koja je pretela da postane još veća da je ovaj Pravilnik usvojen.

Na svu sreću, nađeno je rešenje za ovaj problem, povlačenjem predmetnog Pravilnika i izradom novog dokumenta, tj. Uputstva, u kome su ozbiljnim radom ispravljene sve one greške i nedostaci koje je sadržao predmetni predlog Pravilnika i tako je dobijen jedan kvalitetan dokument koji propisuje tehničke i druge zahteve za EKM poslovnih i stambenih zgrada.

### 5. LITERATURA

- [1] "*Zakon o elektronskim komunikacijama*", Službeni glasnik Republike Srbije br 44/10
- [2] "*Predlog Pravilnika o tehničkim uslovima za EKM poslovnih i stambenih zgrada*", Ministarstvo kulture i informisanja – [www.kultura.gov.rs](http://www.kultura.gov.rs), septembar 2012.
- [3] "*Pravilnik o tehničkim uvjetima za elektroničku komunikacijsku mrežu poslovnih i stambenih zgrada*", Hrvatska agencija za poštu i elektroničke komunikacije, sept.2012.
- [4] "*Uputstvo o realizaciji tehničkih i drugih zahteva pri izgradnji EKM i pripadajućih sredstava u stambenim i poslovnim objektima*", Republička agencija za elektronske komunikacije - RATEL, 2012.

#### Kratka biografija:



**Slađan Delić** rođen u Bijeljini 1987. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo, Energetika, elektronika i telekomunikacije, odbranio je 2013 godine.



**Željko Trpovski** rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Od 2004. ima zvanje vanrednog profesora. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

**HIBRIDNI ARQ PROTOKOL SA OPTIMALNOM RASPODELOM SNAGE****HYBRID ARQ PROTOCOL WITH OPTIMAL POWER ASSIGNMENT**Melita Nikolić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U svom najopštijem obliku, protokol predstavlja skup pravila koja omogućavaju komunikaciju između dva ili više računara. Oblast protokola u računarskim komunikacijama veoma je široka. Akcenat u ovom radu stavljen je na praktičnu implementaciju jednog konkretnog protokola - ARQ protokola, probleme koji se javljaju kao i načine njihovog otklanjanja. Takođe razmatra se napredna H-ARQ transmisija protokola. Cilj je da se pronađe optimalna strategija dodeljivanja snage koja minimizira prosečnu ukupnu transmisionu snagu za bilo koju verovatnoću greške.

**Abstract** – In its most general form, protocols are a set of rules which allow communication between two or more devices. The domain of protocols in computer communication is vast. The emphasis in this work is set on practical implementation of a protocol, ie. ARQ protocol, problems that occur, as well as means of their removal. Also there is a discussion of the advanced H-ARQ protocol transmission. The goal is to find an optimal strategy of power allocation which minimizes the average total transmission power for any value of outage probability.

**Ključne reči:** Protokoli, ARQ, raspodela snage, H-ARQ.

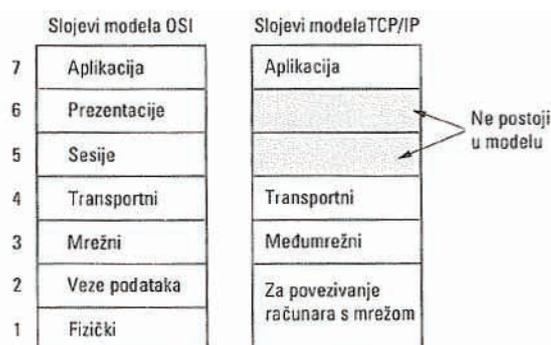
**1. UVOD**

Kao što dvoje ljudi uspešno komunicira koristeći isti jezik, tako se i dva računara razumeju ako je komunikacija upravljana istim protokolom. Tačnije, komunikacija između ljudi je ostvarena pomoću nekoliko normi, uključujući prihvaćena pravila ili očekivanja kada da se neko sluša, kada da se govori, itd... Na isti način, računarima je potreban set pravila koja, kada se prate, omogućavaju uspešnu mrežnu komunikaciju i razmenu podataka - ovo je suština protokola. Cela tehnička struktura pomoću koje se prenose podaci preko mreže mora da bude podeljena na nekoliko sistematičnih koraka. U svakom koraku, odigravaju se određene akcije koje ne bi mogle da se urade u nekom drugom koraku. Svaki korak ima svoja pravila i procedure, kao i protokole. Koraci protokola se moraju izvršavati u određenom redosledu, koji je isti kod svakog računara u mreži. Prijemnik i predajnik moraju da izvrše korake na isti način da bi podaci imali istu strukturu pri primanju, kao što je bila i pre slanja. U poglavlju dva su opisani osnovni tipovi protokola po slojevima, a u poglavlju tri dat je detaljniji opis problema i grešaka koji se javljaju prilikom

implementacije protokola, kao i načini uklanjanja tih problema. U poglavlju četiri prikazane su praktične primene jednog protokola, tj. korišćenje ARQ protokola u pronalaženju optimalne strategije dodeljivanja snage koja minimizira prosečnu ukupnu transmisionu snagu za bilo koju verovatnoću greške.

**2. PROTOKOLI**

Do sredine 1980-tih, većina LAN mreža (eng. Local Area Network) su bile izolovane. LANovi su bili korišćeni u određenim odsecima ili unutar kompanije, i retko su bili povezani sa nekom većom sredinom. Kako se LAN tehnologija razvijala i potrebe za prenosom podataka se povećale, dešavale su se neminovne promene u prenosu informacija. Podaci koji se šalju od jednog LAN-a do drugog, koristeći nekoliko mogućih putanja, naziva se rutiranje. Protokoli koji podržavaju komunikacije ovakvog tipa se nazivaju rutabilni protokoli. Zbog mogućnosti povezivanja više LAN okruženja i stvaranja WAN sredina, rutabilni protokoli postaju sve važniji. Protokoli rade udruženo na različitim nivoima u jedinstvenom steku protokola. Treba obratiti pažnju da ima razlike između OSI i TCP/IP referentnog modela, kao što je prikazano na slici 1. Iako se protokoli povezani sa modelom OSI danas retko koriste, sam model je sveobuhvatan i još uvek važeći, a svojstva svakog sloja i dalje veoma važna. S druge strane, TCP/IP nema širu primenu, ali se njegovi protokoli nalaze svuda. U daljem tekstu će biti korišćen TCP/IP model [1].



Slika 1. Razlika između referentnih modela

Slojevi po kojima su podeljeni protokoli se sastoje od četiri grupe:

- Aplikacioni sloj – (eng. *Application Layer*) područje unutar kojeg aplikacije stvaraju korisničke podatke i šalju ih drugim procesima ili aplikacijama. Tu spadaju protokoli kao što su SMTP i HTTP.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragana Bajić, red.prof.**

- Transportni sloj – (eng. *Transport Layer*) omogućava režim umreženosti između dva korisnika mreže i obezbeđuje pouzdan i isplativ prenos podataka. Tu postoje protokoli detekcije greške, provere protoka i mrežni protokoli, kao što je TCP.
- Međumrežni sloj – (eng. *Internet Layer*) ima za cilj da razmenjuje datagrame kroz granice mreže. Definiše strukture adresiranja i rutiranja koje koristi TCP/IP stek protokola. Primarni protokol je IP, koji definiše IP adrese. Još jedan od poznatijih protokola je i UDP.
- Sloj veze – (eng. *Link Layer*) definiše mrežne metode u okviru lokalne mrežne veze na kojoj komuniciraju korisnici, bez upotrebe rutera [3].

### 3. PROBLEMI I GREŠKE

#### 3.1 Razvojni problemi kod protokola

Prilikom razvijanja protokola kombinovano je više pitanja, što taj razvoj čini jednom od komplikovanijih oblasti kompjuterskog programiranja: problemi sa vremenom, konkurentnost i kvarovi, kao i interakcija između protokola i njegove okoline. Ti problemi se mogu svrstati u sledeće grupe:

- Unutrašnji problemi
- Spoljašnji problemi
- Problemi kompatibilnosti

Unutrašnji problemi – U bilo kojem komunikacionom sistemu redosled radnji nije uvek dobro određen: mnogi događaji se mogu odjednom dogoditi, kao i što niz događaja ne mora da bude ponovljiv. Pored ovih klasa problema, unutrašnji problemi treba takođe da sadrže i sledeće dve oblasti: komunikacione greške i bezbednosne probleme.

Spoljašnji problemi – Samo okruženje protokola uvodi ove probleme. Postoje čak i preklapanja između nekih unutrašnjih i spoljašnjih problema. Spoljašnji problemi obuhvataju situacije u kojima nema grešaka, tj. uticaji protokola na druge protokole ili protokole sa kojima dele istu mrežu. Korektno ponašanje protokola može da izazove zagušenje u mreži koju koriste drugi protokoli, ili može da uskrati neophodne mrežne resurse drugim protokolima. U globalu, ovakvo ponašanje ne može da se vidi ispitivanjem protokola u izolaciji: često postane vidljivo samo onda kada se pokrene novi protokol.

Problemi kompatibilnosti – Ova klasa grešaka ne mora direktno da se tiče samih protokola, već se tiče procesa kreiranja protokola, između ostalog interoperabilnosti, dodataka i poboljšanja. Deo koji je vezan za sam protokol podrazumeva da posle duže upotrebe protokola, potrebno je dodati određene funkcije ili promeniti njegovo trenutno ponašanje. Pošto se delovi protokola odvojeno prave, izmenjeni protokol bi trebao biti u mogućnosti da nastavi rad sa prethodnom verzijom.

#### 3.2 Kontrola toka i kontrola greške

Da bi se osigurala pouzdana komunikacija, treba da postoje kontrola toka (upravlja količinom podataka koje šalje predajnik), i kontrola greške (omogućava da podaci

stignu na destinaciju bez greške). Ove kontrole moraju da se urade na nekoliko slojeva.

##### 3.2.1 Kontrola toka

Kontrola toka (eng. *Flow control*) govori pošiljaocu koliko podataka treba da pošalje. Ona primorava pošiljaoca da sačeka neku vrstu potvrde (ACK) pre nego što nastavi da šalje dalje podatke. Postoje dve primarne metode kontrole toka: Stani-i-sačekaj (eng. *Stop-and-wait*), i Ključuci prozor (eng. *Sliding Window*).

##### 3.2.2 Kontrola greške

Kontrola grešaka (eng. *Error control*) je važna stavka jer su fizički komunikacioni medijumi daleko od savršenstva. Postoje mnogi kodovi za otkrivanje i ispravljanje grešaka, ali se dve strane moraju dogovoriti o kodu koji će koristiti. Većina tipova kontrole grešaka se zasnivaju na:

- Šemi detekcije greške (provere parnosti, CRC...)
- Retransmisionoj šemi

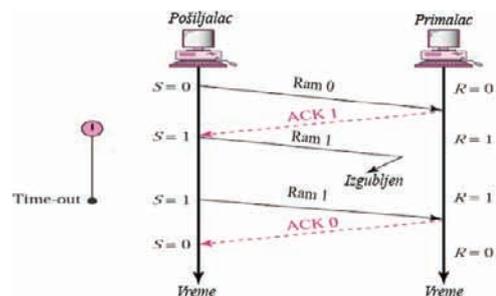
Šema koja se zasniva na detekciji greške i retransmisiji izgubljenih paketa se naziva ARQ (eng. *Automatic Repeat Request*). Šema radi na sledeći način: pošiljalac šalje podatke. Ako oni stignu bez problema, primalac šalje ACK poruku (eng. *ACKnowledgment*). Ako podaci sadrže greške prijemnik šalje NACK poruku (eng. *Negative ACKnowledgment*). Nakon primanja NACK-a, pošiljalac ponovo šalje podatke. Takođe postoji i tajmer, koji omogućava ponovno slanje podataka ako su se ACK i NACK poruke izgubile u prenosu [4].

Postoje tri forme ARQ šeme:

- Stop-And-Wait ARQ
- Go-Back-N ARQ
- Selektivno ponavljanje (eng. *Selective Repeat ARQ*)

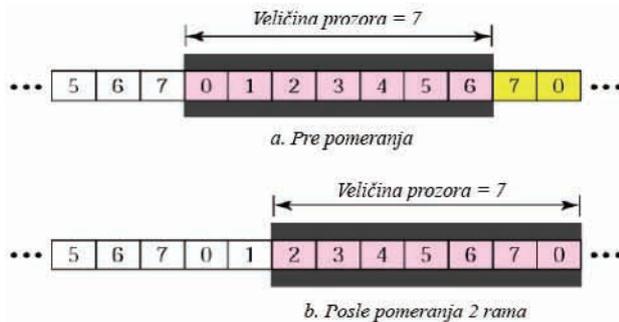
Stop-And-Wait ARQ - Predstavlja najjednostavniji oblik mehanizma za kontrolu greške. Svaki ram u sebi ima naizmeničan bit (0 ili 1). Pošiljalac pošalje poruku i pokrene tajmer. Ako primalac dobije poruku bez ikakvih problema, on pošalje ACK poruku, u suprotnom pošalje NACK. Kada pošiljalac dobije NACK obaveštenje, ponovo šalje poruku. Ako istekne tajmer (a nije ni ACK ni NACK stigao), tada pošiljalac ponovo šalje ram. Ako se desilo da je poruka dobro stigla, ali se ACK izgubio u prenosu, tada par/nepar bit u ramu obaveštava predajnika o duplikatu rama.

Na slici 2 je prikazan slučaj kada je izgubljen ram.



Slika 2. Prikaz izgubljenog rama u prenosu, sa periodom isteka tajmera

Go-Back-N ARQ - U ovoj formi svaki ram treba da bude numerisan. Nakon prijave greške, pošiljalac ponovo šalje ramove koji su stigli posle prijave greške. Na primer, ako su poslani ramovi 1,2,3 i 4 i dobije se NACK sa vrednošću 2, NACK time potvrđuje sve što je stiglo pre njega, i traži da se ponovo pošalju ramovi od broja 2 nadalje [5]. Na slici 3, ramovi sa desne strane prozora ne mogu biti poslani dok prozor ne dođe do njih. Na tom primeru se vidi da posle primanja ACK za ramove 0 i 1, prozor se pomera za dva mesta i šalje sledeće ramove unutar njega.



Slika 3. Izgled prozora na predajnoj strani: a) pre "klizanja", b) posle "klizanja"

Selektivno ponavljanje - U literaturi se još naziva i selektivno odbijanje (eng. *Selective Reject*). Ima određene sličnosti sa Go-Back-N ARQ, ali za razliku od njega, selektivno ponavljanje ponovo šalje samo one ramove za koje je primljen NACK. Na primer, pošiljalac šalje ramove 1,2,3 i 4, a primalac pošalje NACK sa vrednošću 2. Tada pošiljalac radi retransmisiju samo 2. rama. Ako su ramovi 3 i 4 pristigli bez problema, primalac ih potvrđuje sa ACK 4 (primetiti da ACK sad označava poslednji uspešno primljeni ram, za razliku od sledeće očekivani ram).

#### 4. H-ARQ PROTOKOL, PRAKTIČNA PRIMENA

ARQ protokol se koristi da bi se osigurao pouzdan prenos podataka, u kojem prijemnik zahteva retransmisiju kada paket nije ispravno primljen. U najprostijem ARQ protokolu, prijemnik dekoduje informacioni paket samo na osnovu primljenog signala u svakom retransmissionom krugu. Međutim, kompleksniji ARQ protokoli, gde prijemnik može da dekoduje informacioni paket kombinovanjem primljenih signala iz svih prethodnih retransmissionih krugova, su poznati kao hibridni ARQ (H-ARQ) protokoli.

Cilj je da se pronade optimalna strategija dodeljivanja snage koja minimizira prosečnu ukupnu transmisionu snagu za bilo koju verovatnoću greške.

##### 4.1 H-ARQ protokol

###### 4.1.1 Uopšteno o H-ARQ protokolu

Hibridni protokol sa automatskim zahtevom za retransmisiju (eng. Hybrid Automatic Repeat Request - H-ARQ) je kombinacija FEC-a (eng. Forward Error Correcting tj. kodovanje koje omogućava ispravljanje grešaka na prijemu) i ARQ provere greške. U H-ARQ, originalni podaci se koduju FEC kodom. Biti parnosti su

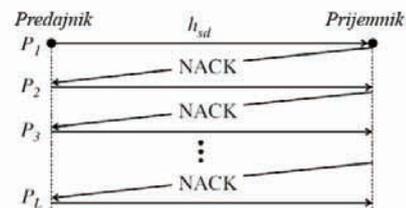
ili u isto vreme poslani sa porukom ili se šalju samo ako prijemnik detektuje grešku u poruci. FEC kod se koristi za ispravljanje svih grešaka koje mogu da nastanu, dok se ARQ metod koristi kao rezervno rešenje za ispravljanje grešaka koje nije moguće ispraviti uz pomoć redundantnih bita poslanih u prvobitnom prenosu. Kao rezultat, H-ARQ ima bolje performanse od običnog ARQ kod slabih signala, ali čak i u svojoj najjednostavnijoj formi za posledicu ima značajno nižu propusnost kod jačih signala.

##### 4.1.2 Tipovi H-ARQ

Najjednostavnija verzija H-ARQ, *H-ARQ Tip 1*, dodaje i ED i FEC informaciju svakoj poruci pre njenog slanja. Kada kodovana poruka bude primljena, prijemnik prvo dekoduje kod sa detekcijom greške. Ako je kvalitet kanala dovoljno dobar, sve greške u prenosu bi trebale biti ispravljive, i prijemnik može da primi odgovarajuću poruku. Ako je kvalitet kanala loš i ne postoji mogućnost da se isprave sve greške, prijemnik će detektovati takvu situaciju pomoću koda detekcije greške, poslata poruka će biti odbačena i tražiće se njena retransmisija. U malo sofisticiranijoj formi, *H-ARQ Tip 2*, predajnik naizmenično menja između bita poruke i ED bita, kao i FEC bita. Kada je prva poruka primljena bez greške, FEC biti se uopšte ne šalju. *H-ARQ Tip 3* je samo podtip H-ARQ Tipa 2, sa ograničenjem da svaka retransmisija mora da omogući ispravljanje grešaka na prijemu [6].

##### 4.1.3 Model sistema i formulacija problema

Posmatra se H-ARQ protokol implementiran između predajnika i prijemnika, kao što je prikazano u Slici 4.



Slika 4. Ilustracija H-ARQ sa prenosnom snagom  $P_L$  u  $l$ -tom retransmissionom krugu;  $1 \leq l \leq L$

$L$  se uzima da je broj retransmissionih krugova dozvoljenih u H-ARQ protokolu. Šema H-ARQ protokola radi na sledeći način. Prvo, izvor šalje informacioni paket prijemniku i prijemnik označava uspeh ili neuspeh u primanju paketa time što natrag šalje jedan bit potvrde (ACK) ili negativne potvrde (NACK), respektivno. Za kanal povratne informacije se pretpostavlja da nema grešaka. Zatim, ako je NACK primljen u predajniku i ako maksimalni broj ponovnih slanja  $L$  nije prevaziđen, predajnik ponovo šalje paket sa neznatno izmenjenom prenosnom snagom. Ako je primljen ACK na predajnikovoj strani ili je dostignut maksimalan broj retransmisije, predajnik šalje novi informacioni paket. Ako posle  $L$  ponovnih slanja prijemnik i dalje ne može da dekoduje pristigli paket, tada se proglašava greška što znači da je odnos signal/šum (SNR) kombinovanih primljenih signala na prijemnoj strani ispod zahtevane granice. Transmisiona šema H-ARQ se modeluje na sledeći način. Sa  $L$  maksimalnih retransmisija dozvoljenih

u protokolu, propusni opseg primljenog signala  $y_{sd,l}$  na l-tom transmisionom krugu može biti napisan kao:

$$y_{sd,l} = \sqrt{P_l} h_{sd} x_s + \eta_{sd,l} \quad l = 1, 2, \dots, L \quad (1)$$

gde je  $x_s$  poslani informacioni simbol,  $P_l$  snaga potrošena za slanje u l-tom transmisionom krugu,  $h_{sd}$  koeficijent kanala, i  $\eta_{sd,l}$  šum u l-tom krugu.

SNR ukupnog signala u l-tom transmisionom krugu je dat kao:

$$\gamma_{sd,l} = \frac{\sum_{i=1}^l P_i |h_{sd}|^2 |x_s|^2}{N_0} \quad (2)$$

Cilj je da se nađe optimalna raspodela snage  $P = [P_1, P_2, \dots, P_L]$  za H-ARQ protokol takva da sa ciljanom verovatnoćom greške  $p_0$ , srednja snaga prenosa koja je potrebna da bi protokol doneo informacioni paket bude minimalna. Time je srednja ukupna prenosna snaga H-ARQ protokola:

$$\bar{P} = \sum_{l=1}^{L-1} (p^{out,l-1} - p^{out,l}) \sum_{i=1}^l P_i + p^{out,L-1} \sum_{i=1}^L P_i \quad (3)$$

#### 4.1.4 Optimalna raspodela snage

Dobija se set jednačina koje opisuju vrednosti optimalne snage prenosa, i zatim se razvija rekurzivni algoritam da se tačno izračuna nivo te snage za svaki retransmisioni krug. Dobijena jednačina je :

$$P_k = \frac{\sigma_{sd}^2 (\sum_{i=1}^{k-1} P_i)^2}{\gamma_0 N_0} \left[ 1 - e^{-\frac{P_{k-1} \gamma_0 N_0}{\sigma_{sd}^2 (\sum_{i=1}^{k-1} P_i) (\sum_{i=1}^{k-2} P_i)}} \right] \quad (4)$$

#### 4.1.5 Aproksimacija sekvence optimalne snage

Da bi se smanjila kompleksnost računanja prikazana je jednostavna aproksimacija za sekvencu optimalnog prenosa snage, koja omogućava uvid u bolje razumevanje strategije optimalne dodele snage za H-ARQ protokol.

$$\bar{P}_{opt} \approx P_1 + \sum_{l=2}^L P_1 = LP_1 \quad (5)$$

Ova aproksimacija pokazuje da je srednja snaga rezultat retransmisione snage u prvom krugu i broja retransmisionih krugova dozvoljenih u H-ARQ protokolu. Vrednosti optimalne snage pokazuju da je konvencionalna šema uniformne snage (korišćenje iste prenosne snage u svim krugovima emitovanja) daleko od optimalne. Takođe se zapaža da što je veći maksimalni broj dozvoljenih retransmisija u H-ARQ protokolu ili što su manje verovatnoće gubitaka, time strategija optimalne snage nudi veću uštedu u snazi.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu napravljen je kratak pregled mrežne arhitekture interneta, protokola i njihovih tipova. Opisane su bitne osobine protokola, njihove mnogobrojne prednosti, kao i neki nedostaci.

Zaključeno je da sa istom verovatnoćom greške, što je veći broj retransmisionih krugova u H-ARQ protokolu, time je veći i dobitak u ukupnoj snazi strategije optimalne dodele snage nego kod dodele uniformne snage. Sa istim maksimumom za retransmisionone krugove, što je manja verovatnoća greške, veći je ukupni dobitak snage u strategiji optimalne dodele snage, nego kod uniformne dodele. Protokoli koji se danas koriste prvi put su uvedeni pre nekoliko desetina godina. Od tada je nastao ceo Internet kakvog ga danas znamo. Sve više se govori o neefikasnosti korišćenja slojeva u protokolima kao osnove za mrežnu arhitekturu. Jedna od novonastalih ideja je RBA (eng. *Role-Based Architecture*), koja bi mogla da utre put novom razvitku interneta i poboljšanju portabilnosti i sigurnosti protokola. RBA bi mogla biti u mogućnosti da uradi remodularizaciju postojećih "velikih" protokola, kao što su IP, TCP ili HTTP, u manje funkcionalne jedinice. Naravno, i ranije je bilo priče o problemima slojevitosti kod protokola, kao što je modularna konstrukcija steka protokola i razlaganje protokola u mikro protokole, ali su oni bili fokusirani na implementaciju protokola, a ne na same protokole. Ostaje da se vidi koji će se idući koraci preduzeti u budućnosti, ali sudeći prema dosadašnjem radu i istraživanjima, smatra se da se može očekivati zavidan napredak u oblasti mrežnih protokola.

## 6. LITERATURA

- [1] Andrew S. Tanenbaum, "Computer Networks, 4th Edition", 2003.
- [2] Judson Valeski, "Protocol Implementations", 1998.
- [3] [http://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_protocol\\_suite](http://en.wikipedia.org/wiki/Internet_protocol_suite), Novembar 2012
- [4] "Flow and Error Control", Septembar 2005.
- [5] Tommy M. McGuire, "Correct Implementation of Network Protocols", April 2004.
- [6] [http://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid\\_automatic\\_repeat\\_request](http://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_automatic_repeat_request), 2012.
- [7] Weifeng Su, Sangkook Lee, "Optimal Power Assignment for Minimizing the Average Total Transmission Power in H-ARQ Rayleigh Fading Links", jul 2011.

## Kratka biografija:

**Melita Nikolić** rođena je u Novom Sadu 1987. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Komunikacione tehnologije i obrada signala odbranila je 2013.god.



# Automatizacija ispitivanja grafičke korisničke sprege

Đorđe Miljković, Saša Bojić, Miodrag Đukić, *Member, IEEE*, Miladin Jovanović

**Sadržaj** — U radu je dat opis implementacije rešenja za automatsko ispitivanje grafičke korisničke sprege. Postojeći alati za ručno testiranje ne odgovaraju izazovima razvoja modernih proizvoda, te je potrebno postići što veću automatizaciju. Cilj rada je ušteda vremena ispitivanja, kao i smanjenje uticaja ljudskog faktora na pojavu greške prilikom ispitivanja.

**Ključne reči** — GUI, GUIPlayer, ispitivanje, Lua, XML

## I. UVOD

Grafička korisnička sprega (eng. GUI – Graphical User Interface) je način komunikacije sa računom manipulacijom grafičkim elementima i dodacima uz pomoć tekstualnih poruka i obaveštenja. Kako bi korisnicima komunikacija bila što lakša, GUI se bazira na objektima poznatim u stvarnom životu kao što su prozori, ikonice i meniji kojima se može manipulirati mišem ili tastaturom. Upravljaajući objektima GUI-a kao da su objekti iz stvarnog života korisnik programa izvršava događaje kako bi ostvario komunikaciju. Na primer, prevlačenje objekta i odabir objekta iz menija su poznate akcije GUI-a [1].

Grafička korisnička sprega je zamenila nepraktične i teške tekstualne sprege ranijih računara sa relativno intuitivnim sistemom koji nije samo uprošćio rukovanje računom, već ga je učinio prirodnijim i prijatnijim [2].

Dizajn grafičke korisničke sprege beleži stalni napredak od pojave Macintosh i Windows 95 operativnih sistema, a nastavlja sa razvojem i danas. Ovo je rezultat nekoliko faktora, uključujući napredak u fizičkoj arhitekturi (brži procesori, veća količina memorije, veća rezolucija displeja), poboljšanja aplikacija kao i povećanja tražnje korisnika. Jedna od najvažnijih novina u grafičkim korisničkim spregama su pretraživači (eng. browsers), a jedno od najinteresantnijih polja u razvoju je navigacija kroz trodimenzionalni prostor[3]. Zatim, nove sprege dopuštaju korisnicima da rotiraju i slobodno menjaju veličinu ikonica i njihovu providnost [4].

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 44009-II.

Đorđe Miljković, Istraživačko razvojni institut RT-RK d.o.o. za sisteme zasnovane na računarima, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: [djordje.miljkovic@rt-rk.com](mailto:djordje.miljkovic@rt-rk.com))

Saša Bojić, Istraživačko razvojni institut RT-RK d.o.o. za sisteme zasnovane na računarima, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: [sasa.bojic@rt-rk.com](mailto:sasa.bojic@rt-rk.com))

Miodrag Đukić, Fakultet Tehničkih Nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [miodrag.djukic@rt-rk.com](mailto:miodrag.djukic@rt-rk.com))

Miladin Jovanović, Istraživačko razvojni institut RT-RK d.o.o. za sisteme zasnovane na računarima, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: [miladin.jovanovic@rt-rk.com](mailto:miladin.jovanovic@rt-rk.com))

## NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz master rada Đorđa Miljkovića. Mentor je bila dr Jelena Kovačević.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2012.

GUI korisnicima omogućava veliku slobodu u komunikaciji sa programom. Time se korisnicima olakšava rad, ali otežava posao razvojnim programerima i ispitivačima. Budući da korisnici na GUI-u mogu vršiti interakciju na razne načine, teško je osigurati da program ispunjava sve funkcionalne zahteve (ispravnost) i nefunkcionalne zahteve (upotrebljivost) za svaku moguću interakciju.

Ostatak rada organizovan je u 4 celine: Opis problema, predloženo rešenje, potvrda koncepta i poslednja celina daje zaključak i predlog daljeg istraživanja.

## II. OPIS PROBLEMA

Ispitivanje funkcionalnosti GUI-a predstavlja težak zadatak iz više razloga. Prvo, broj mogućih interakcija je vrlo velik, pri čemu svaki redosled komandi može dovesti u različito stanje i pojedine komande treba vrednovati u svim tim stanjima. Ovo uzrokuje veliki broj kombinacija ulaza i potrebno je opsežno ispitivanje. Drugi problem se odnosi na određivanje pokrivenosti skupa ispitivanih slučajeva. Za tradicionalne programe (koji nemaju GUI), pokrivenost se izračunava količinom obuhvaćenog programskog koda.

Naveden je jedan od načina računanja pokrivenosti [5] :

- **pokrivenost naredbi** (procenat naredbi koji su izvršeni od strane testnih slučajeva)

$$\text{Pokrivenost naredbi} = \frac{\text{Ukupan broj izvršenih naredbi}}{\text{Ukupan broj izvršnih naredbi u programu}} \times 100$$

- **pokrivenost odluka** (procenat tačaka odluke (logičkih izraza) programa koji su ocenjeni i tačnim i netačnim u testnim slučajevima)

- **pokrivenost putanja** (metod kojim se obezbeđuje da sve nezavisne putanje modula budu ispitane. Nezavisna putanja je bilo koja putanja u kodu koja uvodi u najmanje jedan novi skup procesnih naredbi ili u novi uslov)

$$\text{Pokrivenost putanja} = \frac{\text{Broj izvršenih putanja}}{\text{Ukupan broj putanja u programu}} \times 100$$

Ovaj način nije dovoljno dobar za testiranje GUI-a, jer nije važno koliko programskog koda je ispitano, već i u koliko različitih mogućih stanja je svaki deo koda ispitano. Važan deo ispitivanja grafičke sprege je i verifikacija stanja nakon svakog koraka izvođenja testa.

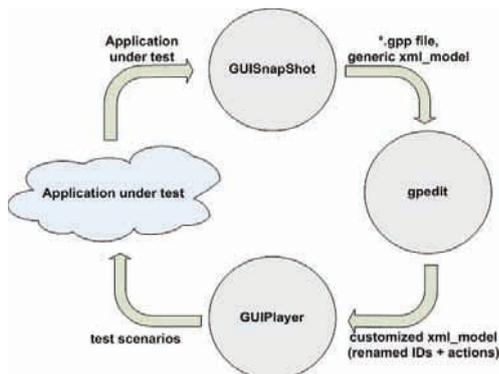
## III. PREDLOŽENO REŠENJE

Rešenje nosi naziv GUIPlayer. GUIPlayer aplikacija je zamišljena da se koristi za automatizaciju testiranja grafičkog korisničkog interfejsa. Aplikacija koristi Windows upravljačke ručke za manipulisanje sa objektima

GUI-a, tako da ju je moguće pokrenuti samo na Windows operativnom sistemu.

Tok automatizacije može se videti na slici 1. Prvi korak je da se svi objekti grafičke korisničke sprege se definišu u XML datoteku [6]. Za definisanje objekata razvijen je GUISnapshot alat koji kao izlaz daje XML datoteku sa generičkim imenima objekata. Kako je za dalje stvaranje ispitnih slučajeva korisnije je da objekat ima intuitivno ime nego generičko, za izmenu imena objekata i dodavanje akcija razvijen je Gpedit alat. Izlaz je XML datoteka sa smislenijim imenima objekata i dodatim akcijama. Na kraju se pokreće GUIPlayer aplikacija koja izvršava ispitne scenarije koji se sastoje od skupa akcija implementiranih u Lua skript programskom jeziku.

Lua programski jezik [7] je izabran zato što je jednostavan, brz, prilagodljiv programski jezik. Lua ima jednostavnu i dobro dokumentovanu spregu za programiranje aplikacija (eng. API - Application programming interface) koja omogućava jaku integraciju sa kodom pisanim u drugim programskim jezicima. Relativno je lako proširiti Lua sa bibliotekama pisanim u drugim programskim jezicima. Takođe je lako da se proširi program pisan u drugim programskim jezicima sa bibliotekama pisanim u Lua programskom jeziku [8].



Slika 1. Tok automatizacije

**GUISnapshot** - je konzolna aplikacija koja definiše sve objekte koje korisnik odabere u aplikaciji koja se testira (eng. AUT – Application Under Test) kao i njihove pretke (eng. parent) i potomke (eng. child). Pod definisanjem objekata se podrazumeva da se sve informacije o odabranom objektu smestaju u XML datoteku. Na slici 2. je dat primer definisanog objekta.

```
<gui_object id="DSP_MANAGER_API" class="ChildModalWindow">
  <windowclass value="SWT_GROUP"/>
  <windowname value="DSP Manager API"/>
  <parent value="Condenser_Runtime_MW"/>
  <style value="0x46010007"/>
  <exstyle value="0x00100000"/>
</gui_object>
<gui_object id="SOURCE_COMBO_PR" class="ComboBox">
  <windowclass value="ComboBox"/>
  <windowname value=""/>
  <parent value="DSP_MANAGER_API"/>
  <style value="0x56010643"/>
  <exstyle value="0x00000000"/>
  <top value="18"/>
</gui_object>
```

Slika 2. Primer definisanog objekta

Svi definisani objekti se smeštaju u XML dokument koji se navodi prilikom pokretanja alata (ime.xml):

GuiSnapshot.exe -oime.xml – Application\_under\_test.exe

Struktura generisane XML datoteke prikazana je na slici 3.

```
<gui_model>
  <application>
    <objects>
      <gui_object>
      </gui_object>
      <graphic_object>
      </graphic_object>
    </objects>
    <actions>
      <function>
      </function>
    </actions>
  </application>
  <global_functions>
  </global_functions>
</gui_model>
```

Slika 3. Struktura XML datoteke

Kompletan sadržaj unutar <gui\_model> oznake (eng. tag) smatra se delom GUIPlayer-a. Sastoji se od najmanje jedne aplikacije i najmanje jedne globalne funkcije. Svaka aplikacija se sastoji od skupa objekata (<objects> oznaka) i akcija (<actions> oznaka).

Unutar <function> oznake nalazi se opis Lua funkcije, koja se sastoji od XML opisa, zaglavlja funkcije i izvornog koda. Primer jedne funkcije dat je na slici 4.

```
<function action="update_design_time_property">
  <string_param value="name"><string_param
value="data_type">
  <string_param value="default"/><string_param
value="help_text">
  <number_param value="restriction_type">
  <string_param value="minimum"/>
  <string_param value="maximum"/>
  <number_param value="restriction_names">
  <number_param value="restriction_values">
  <![CDATA[
    Some Lua script code
  ]]>
</function>
```

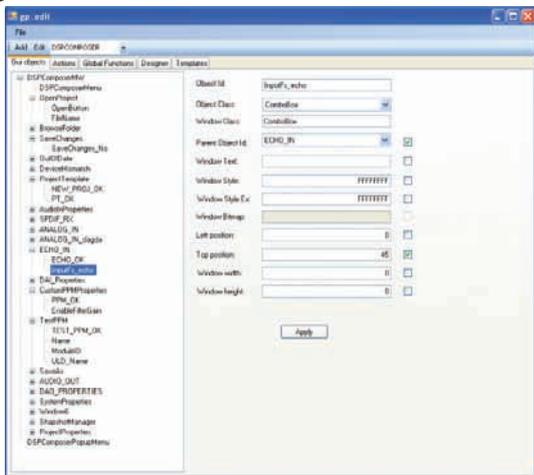
Slika 4. Primer funkcije

Pošto objekti definisani ovom aplikacijom dobijaju generička imena razvijena je i pomoćna aplikacija koja pomaže korisniku da izmeni jednoznačna imena definisana sa GUISnapshot alatom u imena koji će korisniku davati dovoljno informacija o kom je objektu reč. Ta aplikacija je nazvana Gpedit.

**Gpedit** – Ovo je pomoćna GUI aplikacija koja se koristi za prilagođavanje XML GUI modela generisanog GUISnapshot alatom. Uloga ovog alata je da promeni definiciju GUI objekta kao što je ObjectID sa smislenijim ObjectID imenom, jer za dalje stvaranje ispitnih slučajeva korisnije je da objekat ima intuitivno ime nego generičko.

Takođe, Gpedit može da se koristi za dodavanje različitih akcija umesto definisanja akcija u XML datoteci pomoću programa za uređivanje teksta. Ovaj način definisanja akcija je mnogo pogodniji iz razloga što se definisani objekti nalaze u strukturi stabla koje se nalazi sa leve strane (slika 5.), čime je pojednostavljen prikaz objekata, nalaženje objekata i izmena njihovih obeležja

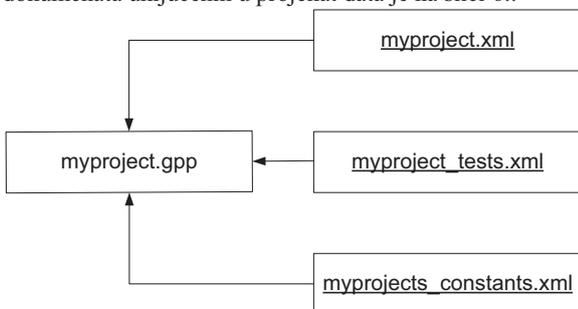
prilikom pisanja akcija. Izgled Gpedit aplikacije prikazan je na slici 5.



Slika 5. Izgled Gpedit aplikacije

**GUIPlayer** – ovo je izvršna aplikacija. Zasnovana je na Lua skriptu što implicira da GUIPlayer zahteva prethodno instaliran Lua programski jezik. Takođe, obzirom da ova aplikacija koristi Windows upravljačke ručke za interakciju sa specifičnim GUI objektima, GUIPlayer je moguće pokrenuti samo na Microsoft Windows operativnim sistemima.

Osnovna datoteka koja se prosleđuje GUIPlayer-u kao parameter je "gui player project" (\*.gpp) koji sadrži sve definisane \*.xml datoteke. Organizaciona struktura svih dokumenata uključenih u projekat data je na slici 6.:



Slika 6. Organizaciona struktura svih dokumenata uključenih u GUIPlayer projekat

U *gui player project* datoteci (myproject.gpp) su uključene sve XML datoteke koje treba da budu uključene u projekat.

U *myproject.xml* datoteci su definisane aplikacije, objekti i osnovne funkcije (proste funkcije koje se često ponavljaju i pozivaju se u ispitnim slučajevima).

U *myproject\_test.xml* datoteci su definisani ispitni slučajevi. U ispitnim slučajevima se pozivaju osnovne funkcije definisane u myproject.xml datoteci.

Datoteka *myproject\_constants.xml* sadrži konstante koje se prosleđuju funkcijama kao parametri.

Primer pokretanja GUIPlayer aplikacije:

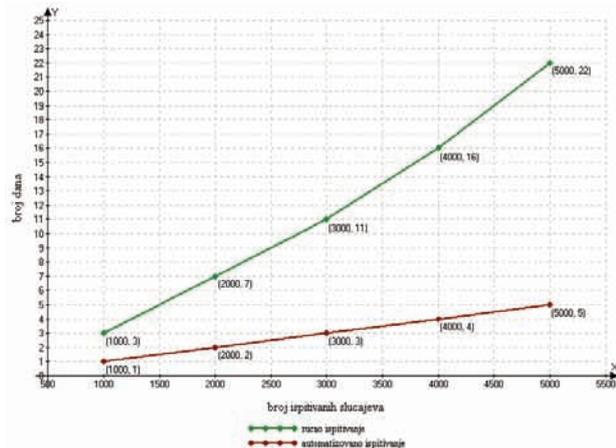
`echo test_function | GUIPlayer.exe [options] myproject.gpp`

[options] - dodatne opcije omogućavaju korisniku da personalizuje aplikaciju prilikom izvršavanja automatskih testova. Pokrivene su sledeće opcije:

- Brzina kursora. Vreme u milisekundama potrebno da kursor pređe sa jedne na drugu stranu ekrana.
- Vreme pritiska tastera u milisekundama. Vreme potrebno da se pritisne i pusti taster.
- Kašnjenje u milisekundama. Vreme koje prođe između pritiska dva tastera na tastaturi.
- Nivo upisivanja log informacija u datoteku:
  - 0 – isključeno (podrazumevano)
  - 1 - Window konekcija
  - 2 - Upisivanje svih informacija

#### IV. POTVRDA KONCEPTA

Radi potvrđivanja koncepta predstavljenog u ovom radu izvršeno je ispitivanje predloženog rešenja. Izvršena je potpuna automatizacija ispitivanja na grafičkom alatu za razvoj programske podrške za audio ciljne platforme. Prilikom automatskog izvršavanja ispitnih scenarija rađena je automatska potvrda dobijenih rezultata (poređenje dobijenih poruka sa očekivanim) [9] kao i vizuelna potvrda (vizuelno praćenje akcija sa očekivanim rezultatom). Takođe istovremeno sa izvršavanjem automatskih ispitnih scenarija rađeno je ručno ispitivanje, odnosno jedna osoba je ručno izvršavala sve ispitne slučajeve, kako bi bila potvrđena ušteda vremena prilikom izvršavanja velikog broja ispitnih slučajeva. Svi testovi su uspešno izvršeni, a vreme testiranja se značajno smanjilo. Na slici 7. data je zavisnost vremena ispitivanja od broja izvršenih ispitnih slučajeva ukoliko se ispitivanje izvršava ručno ili automatski. Broj dana na grafiku odnosi se na broj radnih dana (radni dan je 8 časova).



Slika 7. Grafik zavisnosti vremena ispitivanja od broja izvršenih ispitnih slučajeva pri ručnom i automatizovanom testiranju.

Na osnovu date tabele i grafika vidi se da se vreme izvršavanja testova smanjilo za više od 4 puta. Ova ušteda je višestruko značajna ako se uzme u obzir da se testiranje ponavlja nakon izmena u kodu aplikacije.

#### V. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljeno jedno rešenje problema koji se javljaju prilikom testiranja grafičke korisničke sprege. Ovim rešenjem je ostvarena značajna ušteda vremena

prilikom izvršavanja testova kao i činjenica da je smanjena aktivna angažovanost inženjera u testiranju. Na ovaj način se smanjuje ljudski faktor, odnosno mogući previdi prilikom izvršavanja velikog broja testova. Otvorena je mogućnost implementacije predloženog rešenja u sisteme za testiranje na principu "crne kutije". Iz ugla korisnika aplikacija obezbeđuje visok komfor i mogućnost upravljanja objektima grafičkog okruženja testirane aplikacije, kao i sigurnost prilikom izvršavanja velikog broja testova.

Nedostaci ovog rešenja koji su se primećeni prilikom testiranja su generičko imenovanje objekata prilikom generisanja XML datoteke i nemogućnost automatskog snimanja testnih slučajeva, nego se oni ručno pišu. Ovi nedostaci otvaraju mogućnosti daljeg razvoja i unapređenja aplikacije.

#### LITERATURA

- [1] <http://sr.wikipedia.org/wiki/GUI>
- [2] <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/242033/graphical-user-interface-GUI>
- [3] Hou Wenjun (2008). The Three-Dimensional User Interface, Advances in Human Computer Interaction, Shane Pinder (Ed.), ISBN: 978-953-7619-15-2, InTech, Available from: [http://www.intechopen.com/books/advances\\_in\\_human\\_computer\\_interaction/the\\_three-dimensional\\_user\\_interface](http://www.intechopen.com/books/advances_in_human_computer_interaction/the_three-dimensional_user_interface)
- [4] <http://www.linfo.org/gui.html>
- [5] Glenford J. Myers (2004). The Art of Software Testing, 2nd edition. Wiley. ISBN 0-471-46912-2.
- [6] Elliotte Rusty Harold, W. Scott Means, XML in a Nutshell, 3<sup>rd</sup> edition September 2004. O'Reilly. ISBN: 86-7555-294-7
- [7] Lua 5.1 Reference Manual, by R. Ierusalimisch, L. H. de Figueiredo, W. Celes, Lua.org, August 2006, ISBN 85-903798-3-3, <http://www.lua.org/manual/5.1/>
- [8] Programming in Lua, by R. Ierusalimisch, Lua.org, March 2006, ISBN 85-903798-2-5
- [9] Software Quality Assurance, From Theory to implementation, Daniel Galin, Pearson Education Limited 2004.

#### ABSTRACT

In this paper is explained one solution for automation of testing Graphical User Interface. The paper gives a description of the problem, the concept of a solution and a description of the implementation of such a solution in order to confirm the above concept. Validation of the implementation was carried out on graphical tool for the development of software for audio target platform.

#### AUTOMATION TESTING OF GRAPHICAL USER INTERFACE

Đorđe Miljković, Saša Bojić, Miodrag Đukić, Miladin Jovanović

**UŠTEDA ENERGIJE U DOMAĆINSTVIMA PRIMENOM KUĆNOG TERMINALA I  
NAPREDNIM UPRAVLJANJEM KUĆNIM UREĐAJIMA****ENERGY SAVING IN HOUSEHOLDS USING HOME DISPLAY AND ADVANCED  
CONTROL OF HOME APPLIANCES**Borislav Perić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Predmet rada je potencijalni način uštede električne energije upotrebom pametnog brojila i kućnog terminala, koji nam omogućavaju dostupnost podataka o potrošnji električne energije u realnom vremenu i na jednostavan način. Takođe, predstavljen je fuzzy kontrolni sistem za upravljanje kućnim okruženjem u cilju uštede električne energije.

**Abstract** – Subject of work is a potential way to save electricity energy using smart meters and home terminal, which allow us to access data on electricity consumption in real time and in a simple way. Also, in this work is represented fuzzy control system for home environment management in order to save electricity.

**Ključne reči:** pametno brojilo, tržište električne energije, domaćinstvo, kućni terminal, energetska efikasnost, pametno merenje

**1. UVOD**

Povećavanje gustine stanovništva dovodi do rasta potrošnje električne energije. Ograničeni izvori energije i zaštita životne sredine nameću restrikcije u izgradnji elektrana i prenosne mreže. Izlaz se nalazi u racionalnoj upotrebi energije uz primenu novih koncepata efikasnog korišćenja iste.

Od nastanka električne energije i uspostavljanja prvog elektroenergetskog sistema, nastala je i potreba za beleženjem utroška električne energije. Razvojem industrije i društva, napretkom tehnologije došlo je do napretka u merenju potrošnje električne energije. Merenje potrošnje električne energije ne može više da se svede samo na beleženje potrošnje i ispostavljanje računa za prethodni mesec. Moderan koncept teži efikasnijoj upotrebi postojećih resursa korišćenjem razvoja tehnologije (merenje i komunikacije) da se kupcu isporuči potrebna energija, pri čemu i sam kupac učestvuje u dizajniranju sopstvene potrošnje u skladu sa obostranim interesom (kupac/isporučilac).

Stoga, merni uređaji treba da imaju ne samo klasičnu funkciju merenja potrošnje električne energije, nego i da omoguće ekonomično upravljanje njome.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Velimir Čongradac, docent.

**2. ZADATAK I STRUKTURA SISTEMA  
PAMETNOG MERENJA**

Za merenje potrošnje električne energije u osnovi su zainteresovani:

- Kupac (potrošač) električne energije
- Snabdevač (trgovac) električnom energijom
- Distributer električne energije

Pametno merenje (napredni sistem merenja električne energije) treba da posluži:

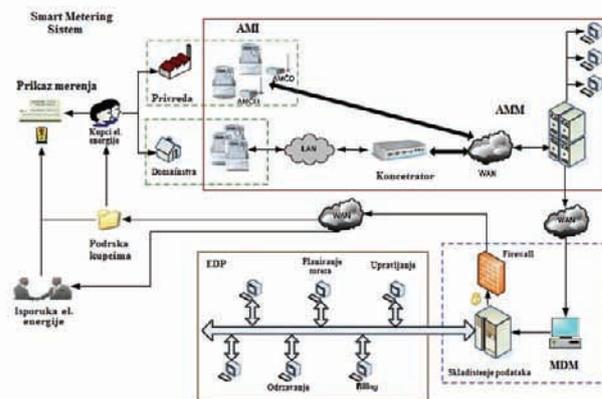
**Kupcima** – za informaciju u realnom vremenu, koja im je potrebna za donošenje odluke o načinu korišćenja električne energije i njihove uštede

**Snabdevačima** - kao sredstvo za bolje razumevanje svojih kupaca u cilju poboljšanja usluge

**Distributerima** - kao alat za bolje praćenje i upravljanje svojom mrežom.

Pored toga pametna merenja omogućavaju kupcima koji imaju sopstvene izvore električne energije (mini i mikro generatore) da ostvare finansijski efekat od svoje proizvodnje, a distributerima da upravljaju tom proizvodnjom.

Napredni sistem za merenje i upravljanje potrošnjom električne energije, očitavanje električnih brojila, obradu i arhiviranje podataka - Smart Metering System (slika 1), obuhvata naprednu mernu infrastrukturu (AMI), upravljanje daljinskim očitavanjem (AMM) i upravljanje mernim podacima i skladištenje podataka (MDM/R).[1]



Slika 1: Prikaz Smart Metering Sistema

### 3. KUĆNI TERMINAL

S obzirom na energetska situacija sada i u bliskoj budućnosti, kao i na potrebu proizvodnje veće količine električne energije iz obnovljivih izvora, sve veći značaj pridaje se problematiki efikasnog korištenja energije u domaćinstvima. Da bi domaćinstva mogla efikasnije koristiti energiju, moraju im biti dostupni podaci o potrošnji energije u stvarnom vremenu i na jednostavan način.

Stoga se kao jedno od mogućih rešenja predlaže kućni terminal. Kućni terminal (eng. Electronic In-House Display) je uređaj koji prikazuje potrošnju prvenstveno električne energije, ali i ostalih vrsta energije. Povezan je sa mernim uređajem (brojilom električne energije), što kupcu omogućava pregled trenutne i ukupne potrošnje električne energije u kWh i novčanim jedinicama, najveće i najmanje potrošnje/ostvarene snage i sl. Takođe, kućni terminal bi trebao omogućiti komunikaciju između korisnika i dobavljača, te omogućiti ponudu novih cenovnih modela na temelju stvarnih očitavanja u realnom vremenu [2].

Kućni terminal je uređaj koji kupcu omogućava pristup podacima o potrošnji i drugim podacima na jednostavan i prihvatljiv način i to bežičnom komunikacijom sa pametnim brojilom kao što je to prikazano na slici 2.



Slika 2: Princip rada kućnog terminala

## 4. REGULACIJA POTROŠNJE EL. ENERGIJE POMOĆU FUZZY KONTROLERA

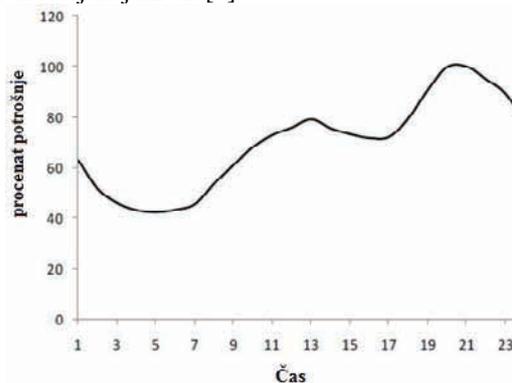
### 4.1 Dnevna potrošnja el. energije

Potrošnja energije u objektu zavisi od lokacije i izrade građevine, od načina upravljanja i karakteristike sistema za grejanje i hlađenje, kao i od efikasnosti uređaja. Navike i ponašanje samih korisnika objekata takođe značajno utiču na potrošnju energije. Iz tog razloga, potrošnja električne energije varira praktično iz sata u sat, što dovodi do promena na dnevnom, a samim tim, na nedeljnom i mesečnom nivou.

U ovom radu razmatraće se potrošnja električne energije domaćinstva kroz jedan dan.

Tokom dana, u zavisnosti od snage i aktivnosti kućnih uređaja, potrošnja varira, pa u sistemu imamo period manjeg opterećenja i period većeg ili vršnog (*peak*) opterećenja. Minimalno opterećenje sistema pojavljuje se u noćnim satima i to između 2:00 i 4:00 sata. Postoje dva perioda većeg (vršnog) opterećenja sistema u toku jednog dana. Prvi period pojavljuje se između 8:00 i 14:00 časova, a drugi period između 17:00 i 22:00 časa.[3]

Na slici 3 prikazan je tipični dnevni dijagram opterećenja u distribucijskoj mreži [4].



Slika 3: Dnevni dijagram opterećenja

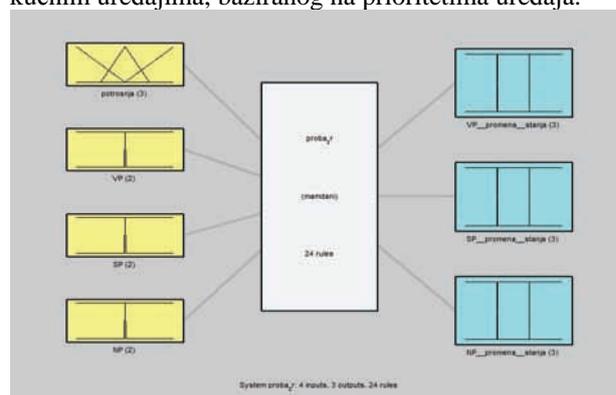
Cena energije u razdoblju vršnog opterećenja osetno je veća nego u razdoblju manjeg opterećenja sistema. Iz tog razloga potrebno je smanjiti vršno opterećenje u sistemu. To se može postići naprednim upravljanjem opterećenjem tj. potrošačima korisnika na način da se deo potrošnje preseli iz perioda većeg u period manjeg opterećenja. U tu svrhu primenjeno je optimalno upravljanje potrošnjom uz korišćenje *fuzzy kontrolera* uz pomoć njemu pripadajućih pravila i funkcija.

### 4.2 Pravila fuzzy kontrolera za upravljanje kućnim uređajima

Svakom uređaju u domaćinstvu, čiju potrošnju želimo da kontrolišemo, dodeljujemo prioritet iz opsega od 0 do 10, gde 0 označava uređaj sa najmanjim prioritetom, a 10 uređaj sa najvećim. Ideja je da se pri prelasku ukupne potrošnje objekta iznad unapred određene vrednosti isključuje uređaji najmanjeg prioriteta (npr. klima uređaj, mašina za pranje suđa, bojler i slično), a sve u cilju smanjenja maksimalne vrednosti potrošnje električne energije koju dobijamo od *pametnog brojila* (multifunkcionalni elektronski uređaj koji ima mogućnost naprednog merenja i upravljanja energijom objekta).

U našem primeru ulazni parametri *fuzzy kontrolera* su: ukupna potrošnja električne energije, stanje uređaja visokog prioriteta (**VP**), stanje uređaja srednjeg prioriteta (**SP**), stanje uređaja niskog prioriteta (**NP**). Izlazni parametri *fuzzy kontrolera* su: promena stanja uređaja visokog prioriteta (**VP promena**), promena stanja uređaja srednjeg prioriteta (**SP promena**) i promena stanja uređaja niskog prioriteta (**NP promena**).

Na slici 4 je data struktura *fuzzy kontrolera* za upravljanje kućnim uređajima, baziranog na prioritetima uređaja.



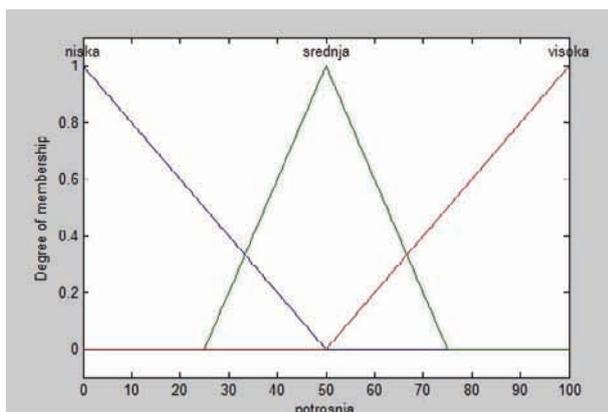
Slika 4: Struktura fuzzy kontrolera

U tabeli 1 prikazana su pravila fuzzy kontrolera.

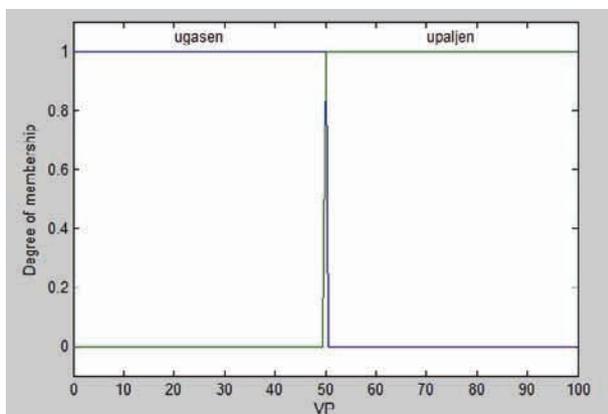
Potrošnja	VP	SP	NP	VP promena	SP promena	NP promena
niska	isključen	isključen	isključen	dozvoli uključenje	dozvoli uključenje	dozvoli uključenje
niska	isključen	isključen	uključen	dozvoli uključenje	dozvoli uključenje	ostavi
niska	isključen	uključen	isključen	dozvoli uključenje	ostavi	dozvoli uključenje
niska	isključen	uključen	uključen	dozvoli uključenje	ostavi	ostavi
niska	uključen	isključen	isključen	ostavi	dozvoli uključenje	dozvoli uključenje
niska	uključen	isključen	uključen	ostavi	dozvoli uključenje	ostavi
niska	uključen	uključen	isključen	ostavi	ostavi	dozvoli paljenje
niska	uključen	uključen	uključen	ostavi	ostavi	ostavi
srednja	isključen	isključen	isključen	dozvoli uključenje	dozvoli uključenje	dozvoli uključenje
srednja	isključen	isključen	uključen	dozvoli uključenje	dozvoli uključenje	ostavi
srednja	isključen	upaljen	isključen	dozvoli uključenje	ostavi	dozvoli paljenje
srednja	isključen	uključen	uključen	dozvoli uključenje	ostavi	ostavi
srednja	uključen	isključen	isključen	ostavi	dozvoli uključenje	dozvoli uključenje
srednja	uključen	isključen	uključen	ostavi	dozvoli uključenje	ostavi
srednja	uključen	uključen	isključen	ostavi	ostavi	dozvoli uključenje
srednja	uključen	uključen	uključen	ostavi	ostavi	ostavi
visoka	isključen	isključen	isključen	dozvoli uključenje	ostavi	ostavi
visoka	isključen	uključen	isključen	dozvoli uključenje	isključi	ostavi
visoka	isključen	uključen	uključen	dozvoli uključenje	ostavi	isključi
visoka	uključen	isključen	isključen	ostavi	ostavi	ostavi
visoka	uključen	isključen	uključen	ostavi	ostavi	isključi
visoka	uključen	uključen	isključen	ostavi	isključi	ostavi
visoka	uključen	uključen	uključen	ostavi	ostavi	isključi

### 4.3 Funkcije pripadnosti fuzzy kontrolera

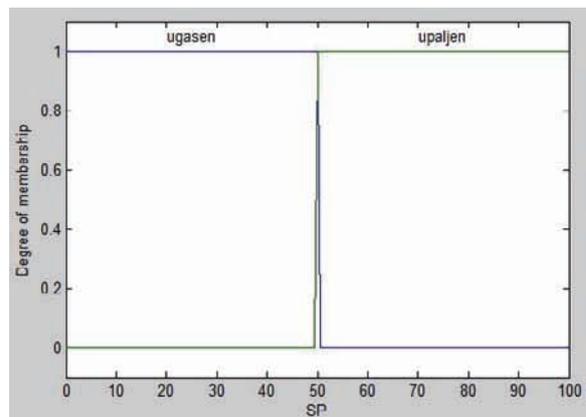
Na slikama 5, 6, 7 i 8 prikazane su funkcije pripadnosti za ulazne parametre.



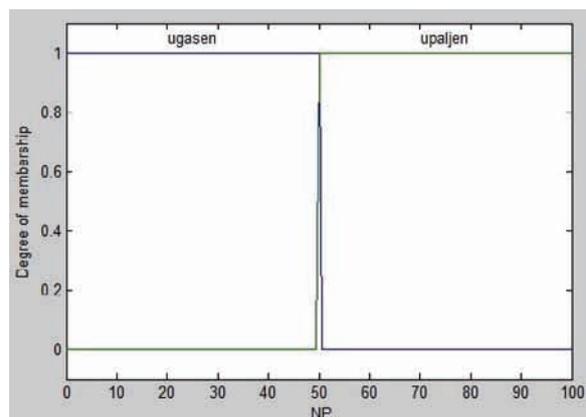
Slika 5: Funkcija pripadnosti za potrošnju



Slika 6: Funkcija pripadnosti za stanje uređaja visokog prioriteta



Slika 7: Funkcija pripadnosti za stanje uređaja srednjeg prioriteta

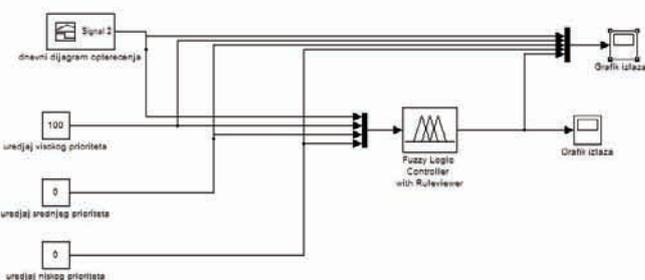


Slika 8: Funkcija pripadnosti za stanje uređaja niskog prioriteta

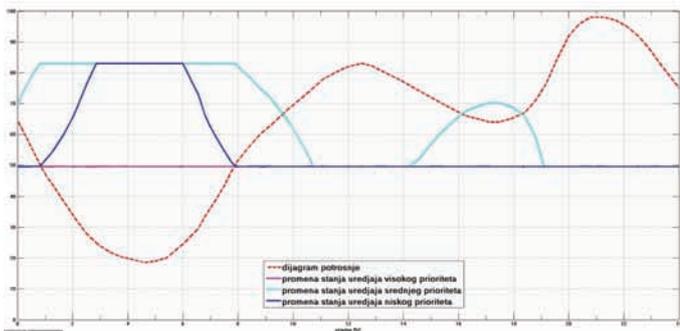
### 4.4 Simulacija i prikaz rezultata

Simulacija je rađena u programskom paketu Matlab 7.0, u Simulink-u, a rezultati su predstavljeni grafički i prikazuju upravljanje kućnim uređajima pomoću fuzzy logike.

Na prvi ulaz je doveden signal koji će vršiti promenu potrošnje od 0% do 100%. Na drugom je stanje uređaja visokog prioriteta, na trećem je stanje uređaja srednjeg prioriteta i na četvrtom je stanje uređaja niskog prioriteta. Za primer je uzet slučaj kada je uređaj visokog prioriteta u radnom stanju, a uređaji srednjeg i niskog prioriteta ne rade (slika 9).



Slika 9: Simulink model za simulaciju sistema upravljanog fuzzy kontrolerom



Grafik 1: Promena stanja uređaja (VP ON, SP OFF, NP OFF)

Sa grafika se vidi da se stanje uređaja visokog prioriteta ne menja i da u uslovima visoke i niske potrošnje uređaj ima potpunu autonomiju rada. Uređaj najnižeg prioriteta ima najmanju mogućnost rada. U našem slučaju, uređaj niskog prioriteta dobija dozvolu za rad samo u periodu niske potrošnje i malim delom u periodu srednje potrošnje. Uređaj srednjeg prioriteta, ima mnogo više mogućnosti. Neće raditi samo u slučaju veoma visoke potrošnje.

## 5. ZAKLJUČAK

Velika potrošnja električne energije u domaćinstvima je rezultat rastućeg broja električnih aparata u kući, kao i korišćenja električne energije za rasvetu. Očekuje se da će sa porastom životnog standarda da raste i broj elektronskih i električnih aparata u domaćinstvima, a time i ukupna potrošnja električne energije. Računari i drugi kućni elektronski uređaji predstavljaju oblast u kojoj najbrže raste potrošnja energije.

Manja potrošnja energije je uslov za uticaje na klimatske promene i za smanjenje troškova njene eksploatacije. Kako bi se ovo ostvarilo, treba da se promeni postojeći trend tako da se ukupna potrošnja energije redukuje. Najefikasnija strategija za poboljšanje energetske efikasnosti u kući je da se smanji potrošnja uređaja kao što su kućni aparati, rasveta, zabavna elektronika, itd.

Nedostatak znanja o pojedinačnoj potrošnji uređaja i na koji način je moguće tu potrošnju smanjiti ili raspodeliti između perioda niže i više tarife je jedan od ključnih razloga zašto mali broj ljudi vodi računa o energetskej efikasnosti.[5] Upotreba kućnog terminala podiže svest o načinu korišćenja električne energije u domaćinstvu i omogućava promenu ponašanja kupca što rezultira manjim računom za utrošenu električnu energiju. Iskustva iz dosadašnjih studija govore o 5 do 15% uštede električne energije koja se javlja u prvoj godini upotrebe kućnog terminala.

Ovaj rad pokazuje jednu bitnu činjenicu, a to je, kako se može i sa smanjenom potrošnjom energije zadržati potreban nivo komfora. Ovo se ogleda i u činjenici da sada, energetskei svestan, korisnik može sam da definiše prioritete na osnovu svojih potreba i da optimalnim upravljanjem nad njima, koje mu omogućava fuzzy kontroler, postiče uštedu utrošene energije, a samim tim, smanjuje i svoje mesečne izdatke.

## 6. LITERATURA

- [1] Saša Marčeta, Boris Holik, „Prva faza uvođenja AMI/MDM u sistem JP EPS“, VII savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, strana 138., CIRED, Vrnjača Banja, 2010
- [2] Dejan Jelenčić, Ivan Ivšinić, „Kućni terminali i njihova uloga u učinkovitoj uporabi energije“, Hrvatski ogranak međunarodne distribucijske konferencije, CIRED, Umag, 2010.  
<http://www.ho-cired.hr/referati-umag2010/SO6-15.pdf>
- [3] Y.G. Yohais, J.D. Mondol, A. Wright, B. Norton, „Real-life energy use in the UK: How occupancy and dwelling characteristic sffect domestic electricity use“, Elsevier B. V., Energy and Buildings, 2007.
- [4] Ivan Strnad, „Upravnoteženje dijagrama opterećenja na razini mikromreža“  
[http://www.tel.fer.hr/download/repository/KDI-Ivan\\_Strnad.pdf](http://www.tel.fer.hr/download/repository/KDI-Ivan_Strnad.pdf)
- [5] Bruce Tonn, Jean H. Peretz, "State – level benefits of energy efficiency", Energy Policy, Volume 35, Issue 7, July 2007, Pages 3665-3674

### Kratka biografija:



Borislav Perić je rođen 15. 1. 1985. godine u Zrenjaninu. 2012. godine odbranio je bachelor rad na Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Departman za računarstvo i automatiku, Odsek za automatiku i upravljanje sistemima.

**PROJEKAT ENERGETSKE EFIKASNOSTI I SANACIJE ZGRADE KULTURNOG CENTRA U ZRENJANINU****PROJECT OF ENERGY EFFICIENCY AND REHABILITATION OF THE CULTURAL CENTER BUILDING IN ZRENJANIN**

Dordeta Munćan, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast - GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad obuhvata detaljnu procenu stanja postojećeg objekta vizuelnim pregledom, kao i proračun energetske efikasnosti. Na osnovu analize uočenih oštećenja i proračuna energetske efikasnosti dat je detaljan opis sanacionih mera u cilju povećanja trajnosti i unapređenja energetske efikasnosti objekta.

**Abstract** - This paper includes a detailed assessment of the current state of the building by visual inspection, as well as its calculation of energy efficiency. Based on analysis of observed damage and calculation of energy efficiency a detailed description of the repair measures in order to increase the service life of structures and energy efficiency improvements is given.

**Ključne reči** – armirano-betonske i betonske konstrukcije, zidane konstrukcije, oštećenja, sanacija, energetska efikasnost

**UVOD**

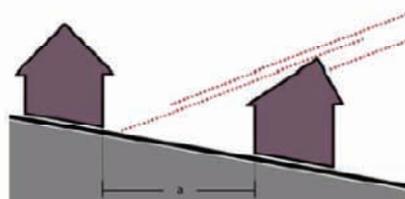
Rad se sastoji iz tri međusobno nezavisne celine. Prva celina predstavlja teorijsko-istraživački deo sa temom „Urbanistički parametri za postizanje energetske efikasnosti zgrada”, drugi deo je u vezi sa praktičnim delom koji obuhvata procenu stanja i sanaciju zgrade Kulturnog centra u Zrenjaninu, dok treća celina obuhvata proračun energetske efikasnosti i mere za unapređenje energetske efikasnosti tematskog objekta.

**1. URBANISTIČKI PARAMETRI ZA POSTIZANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZGRADA****1.1 Preporuke za postizanje energetske efikasnosti urbanih celina**

Preporukama za postizanje energetske efikasnosti urbanih celina naročito se određuju sledeći parametri:

- Klimatski faktori
- Oblik i konfiguracija lokacije i parcele-najpogodniji oblik lokacije je pravougaonik sa širom stranom u pravcu istok-zapad i užom stranom u pravcu sever-jug. Idealne parcele su sa donje strane ulice na južnoj padini. I zgrade koje leže sa gornje strane su u povoljnoj poziciji u odnosu na osunčanost.

- U prizemlju zgrada sa južne strane mogu biti stambene prostorije, a sa severne strane podrumске prostorije. Povoljniji su ravni krovovi, blago nagnuti ili jednovodni krovovi da bi se mogli projektovati i viši objekti na u blizini (slika 1).



Slika 1.- Kuće na južnoj padini - povoljna orijentacija ka jugu smanjuje potrebna rastojanja između objekata

- Pravac i orijentacija ulica- za novoplanirana naselja sa terenom u padu, glavne ulice postaviti paralelne sa izohipsama.
- Plan uređenja terena i nivelacioni plan
- Međusobni odnosi zgrada
- Materijalizacija javnih i slobodnih prostora
- Orijentacija u odnosu na sunce-postaviti zgrade tako da prostorije u kojima se boravi budu orijentisane prema jugu u meri u kojoj urbanistički uslovi to dozvoljavaju jer južna orijentacija obezbeđuje veću izloženost suncu, povećanu temperaturu u zimskom periodu i bolje mikroklimatske uslove.
- Mere u odnosu na uticaj vetra na lokaciji-prilikom urbanističkog planiranja i projektovanja uzeti u obzir pravac, intenzitet i učestalost dominantnog vetra u različitim periodima godine; izbegavati planiranje dugih, uskih, pravih gradskih saobraćajnica, čija je osa u smeru duvanja vetra; predvideti prirodnu ili veštačku zaštitu objekta od vetra koji stvaraju povoljne mikroklimatske uslove.
- Zelenilo-kombinovanjem različitih vrsta zelenila na istoj lokaciji sprečavaju se: pojava toplotnih ostrva, negativni efekti direktnog i indirektnog sunčevog zračenja na zgrade i negativni uticaji vetra. Listopadno drveće je najpogodnije kada je postavljeno na jugu, jugoistoku i jugozapadu zgrade. Drveće visine od 10 metara i više obezbeđuje značajnu senku u toku leta za okolne površine, a kada je golo, u toku zime dozvoljava da direktno sunčevo svetlo prode u zgradu. Četinarsko drveće i žbunje je naročito pogodno za zaštitu od hladnih vetrova i kontrolu snežnih

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Mirjana Malešev, vanr. prof.

nanosa, međutim, dobro projektovana parcela neće imati četinarsko drveće samo na svom severnom delu. Najbolje je kombinovati četinarsko i listopadno drveće na istoj lokaciji, i tako postići osenčenje i sprečavanje udara vetra, maksimalan prodor sunčevog zračenja i dnevnog svetla.

- Količina i kvalitet dnevnog svetla
- Zagađenje i kvalitet vazduha
- Infrastruktura
- Korišćenje voda-izvršiti analizu mogućnosti korišćenja padavina, podzemne i otpadne vode za potrebe zalivanja, spoljnih pranja i drugo, kao i za grejanje i hlađenje objekta.

## 1.2. Zaključak

Urbanističkim parametrima moguće je postići vrlo povoljne mikroklimatske uslove. Pogodni mikroklimatski uslovi ne samo što čine boravak ugodnijim, nego u znatnoj meri doprinose manjim toplotnim gubicima, štednji energije za grejanje i smanjuju zagađenje vazduha.

## 2. PROCENA STANJA I SANACIJA ZGRADE KULTURNOG CENTRA U ZRENJANINU

### 2.1 Uvod

Kulturni centar se nalazi u ulici Narodne omladine br. 1 u Zrenjaninu. Objekat je sagrađen 1977. godine i danas služi svojoj prvobitnoj nameni (slika 2).



Slika 2.- Zgrada Kulturnog centra

Objekat je vrlo razučene osnove i sadrži podrum (sklonište), prizemlje, prvi sprat i potkrovlje. Neto površina objekta je 4147.92 m<sup>2</sup>. Noseću konstrukciju čine armirano-betonski stubovi, armirano-betonski zidovi i armirano-betonske grede na koje se oslanjaju međuspratne tavanice i krovne ploče. Krovne ravni su kose montažne armirano-betonske ploče tipa „koruba“ debljine 20 cm koje se oslanjaju na montažne armirano-betonske grede. Međuspratne tavanice su pune armirano-betonske ploče koje prenose opterećenje u jednom pravcu. Konstantne su debljine od 12 cm, odnosno 14 cm na koti 81 mm i takođe se oslanjaju na AB grede. Sva stepeništa su na kosim punim armirano-betonskim pločama debljine 12cm, odnosno 16cm. Objekat je građen na tlu II i III kategorije. Fundiran je na armirano-betonskim temeljnim gredama i na armirano-betonskim temeljnim trakama. Deo objekta gde se nalazi sklonište fundiran je na armirano-betonskim temeljnim pločama sa ojačanjima u vidu kapitela na mestima stubova. Ispod

temelja je izvedena podloga od nabijenog betona na sloju peska. Temeljni zidovi su debljine 20cm. Na postojeći objekat je izvršena dogradnja aneksa u nivou suterena i prizemlja ukupne površine od 341.75 m<sup>2</sup>. Noseću konstrukciju aneksa čine armirano-betonski stubovi, armirano-betonski zidovi i armirano-betonske grede.

### 2.2. Procena stanja konstrukcije

Vizuelnim pregledom dostupnih elemenata konstrukcije objekta uočeni su defekti i oštećenja. Karakteristični defekt je nedovoljna debljina zaštitnog sloja, a karakteristična oštećenja su pucanje, otpadanje i ljuskanje površinskih slojeva betona i korozija armature i uzengija. Analizom rezultata dobijenih vizuelnim pregledom elemenata konstrukcije ovog objekta, došlo se do zaključka da je glavni uzrok uočenih oštećenja nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona, prisustvo vlage u zidovima, kao i dejstvo mraza. Nakon analize prikupljenih podataka, zaključeno je da su registrovani defekti i oštećenja na konstrukciji lokalnog karaktera i ne narušavaju nosivost i stabilnost konstrukcije, dok je trajnost konstrukcije lokalno smanjena. Karakteristična oštećenja prikazana su na slikama br. 3, 4 i 5.



Slika 3. Korozija glavne armature i uzengija, Odvajanje i otpadanje betona



Slika 4. - Korozija armature i ljuskanje i otpadanje betona



Slika 5. - Prsline, ljuskanje i otpadanje betona, rastvaranje i ispiranje  $\text{Ca(OH)}_2$  i taloženje  $\text{CaCO}_3$

### 2.3. Predlog sanacionih mera

Predlog sanacionih mera, kojima se produžava trajnost objekta, obuhvata:

- uklanjanje oštećenog sloja betona
- čišćenje armature i odštemovanih zona betona
- premazivanje vidljivih delova armature antikoroziivnom zaštitom
- popunjavanje odštemovanih zona reparaturnim materijalom
- izrada dodatnog zaštitnog sloja betona

### 2.4 Zaključak

Ovakvom sanacijom povećana je trajnost konstrukcije i obezbeđen lepši izgled objekta.

## 3. PRORAČUN ENERGETSKE EFIKASNOSTI

### 3.1. Uvod

Pri proračunu energetske efikasnosti urađen je kompletan proračun toplotne provodljivosti građevinskih elemenata koji čine termički omotač zgrade, proračun difuzije vodene pare, kao i proračun gubitaka i dobitaka toplote, te proračun godišnje potrebne finalne energije za grejanje, kojim je dokazano da objekat ne zadovoljava energetske zahteve za postojeće zgrade prema Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada, "Sl. glasnik RS", br. 61/2011.

### 3.2. Građevinska fizika

Prilikom proračuna toplotne provodljivosti i difuzije vodene pare utvrđeno je da se u spoljašnjem zidu SZ 2 javlja veći sadržaj vlage od dozvoljenog, dok u spoljašnjem zidu SZ 12 dolazi do orošavanja na površini zida te je u nastavku dat detaljan predlog sanacije zida SZ2 sa dokazom zadovoljenja energetskih zahteva za postojeće zgrade prema Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada, "Sl. glasnik RS", br. 61/2011.

Tabela 1 - Prolaz toplote i polje temperature:

Naziv građevinskog sloja	$\delta$ [cm]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	$\Delta\Theta$ [°C]	$\Theta$ [°C]
Unutra					20,00
Prelaz			0,130	1,501	18,50
1. Produžni malter	2	0,870	0,023	0,266	18,23
2. Polistirenske ploče	8	0,041	1,951	22,534	-4,30
3. Produžni malter	2	0,870	0,023	0,266	-4,57
4. Ploče mineralne vune, tervol	2	0,036	0,556	6,422	-10,98
5. Bitumenska lepenka	0,15	0,190	0,008	0,092	-11,07
6. AB zid	20	2,330	0,086	0,993	-12,07
7. Šuplja opeka	12	0,610	0,197	2,275	-14,34
Prelaz			0,040	0,462	-14,80
Spolja					-14,80

$$q = (\Theta_i - \Theta_e) / R_u = (20 - (-14,8)) / 3,013 = 11,550 \text{ W/m}^2$$

$$R_u = R_{si} + \sum d_i / \lambda_i + R_{se} = 0,130 + 2,843 + 0,040 = 3,013 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1 / R_u = 0,332 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{max} = 0,400 \text{ W/m}^2\text{K}$$

koeficijent prolaza toplote odgovara

Tabela 2 - Difuzija vodene pare i isušenje:

Naziv građevinskog sloja	$\delta$ [cm]	$\mu$ [-]	R [m <sup>2</sup> K/W]	$\Delta\Theta$ [°C]	$\Theta$ [°C]	p' [kPa]	p [kPa]
Unutra					20,00	2,337	
Prelaz			0,130	1,079	18,92	2,184	1,285
1. Produžni malter	2	20	0,023	0,191	18,73	2,158	1,270
2. Polistirenske ploče	8	45	1,951	16,187	2,54	0,733	1,143
3. Produžni malter	2	20	0,023	0,191	2,35	0,723	1,129
4. Ploče mineralne vune, tervol	2	1	0,556	4,613	-2,26	0,506	1,128
5. Bitumenska lepenka	0,15	2000	0,008	0,066	-2,32	0,503	1,022
6. AB zid	20	90	0,086	0,713	-3,04	0,474	0,387
7. Šuplja opeka	12	6	0,197	1,634	-4,67	0,413	0,361
Prelaz			0,040	0,332	-4,67	0,413	0,361
Spolja					-5,00	0,401	
gustina ulaza u konstrukciju						0,092 g/m <sup>2</sup> h	
gustina izlaza iz konstrukcije						0,005 g/m <sup>2</sup> h	
količina kondenzovane vodene pare						0,087 g/m <sup>2</sup> h	
količina kondenzata posle 60 dana vlaženja						125,599 g/m <sup>2</sup>	
povećanje sadržaja vlage						0,349 %	
izračunani sadržaj vlage						3,049 %	
dozvoljen sadržaj vlage						5,478 %	
gustina difuzione struje u periodu isušivanja						0,143 g/m <sup>2</sup> h	
potrebno vreme za isušenje konstrukcije						47,552 dana	
najveće dozvoljeno vreme isušivanja						90 dana	

**Konstrukcija odgovara postojećim standardima za difuziju vodene pare.**

### OCENE IZRAČUNATIH KARAKTERISTIKA

Veličine	Zahtevi	Proračun	Ocena
U [W/m <sup>2</sup> K]	0,400	0,332	ZADOVOLJAVA
v, η	15	715,3	ZADOVOLJAVA
Broj dana vlaženja/sušivanja	90/60	47,6	ZADOVOLJAVA

### 3.3. Mere za unapređenje energetske efikasnosti objekta

Najveći postotak toplotnih gubitaka ostvaruje preko transparentnih površina omotača zgrade (30,52%), a zatim i preko spoljašnjih zidova (19,47%) i krovnih ravni (13,28%), te se predlažu sledeće mere u cilju poboljšanja energetske efikasnosti objekta: zamena svih prozora, izloga i vrata sa dvostrukim niskoemisionim staklom 4-12-4 mm ispunjenim kriptonom; postavljanje polistirenskih ploča na spoljašnje zidove, dilatacioni zid, kose i ravne krovove iznad grejanog prostora, međuspratnu konstrukciju iznad otvorenog prolaza, na zidove prema negrejanim prostorima i na zidove u tlu; postavljanje tvrdih ploča mineralne vune za podove na međuspratnu konstrukciju ispod negrejanog prostora, međuspratnu konstrukciju iznad negrejanog prostora i na pod na tlu.

#### 4. ZAKLJUČAK

Nakon primene navedenih mera za poboljšanje energetske efikasnosti, objekat će u potpunosti zadovoljiti energetske zahteve za postojeće zgrade prema Pravilniku o energetskej efikasnosti zgrada, "Sl. glasnik RS", br. 61/2011.

#### 5. LITERATURA

- [1] Grupa autora: *Beton i armirani beton prema BAB87, knjiga 2 – Primeri i prilozi*, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [2] M. Malešev, V. Radonjanin: *Skripta sa predavanja Procena stanja i održavanje građevinskih objekata*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [3] M. Malešev, V. Radonjanin: *Skripta sa predavanja Oštećenja i sanacija zidanih konstrukcija*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [4] D. Najdanović, *Skripta sa predavanja: Sanacije, rekonstrukcije i održavanje betonskih konstrukcija u visokogradnji*, Građevinski fakultet, Beograd.
- [5] Inženjerska komora Srbije: *Pravilnik o energetskej efikasnosti zgrada, "Sl. glasnik RS", br. 61/2011*, Beograd
- [6] Inženjerska komora Srbije: *Predavanja za obuku o energetskej efikasnosti zgrada*, Beograd, 2012.

#### Kratka biografija:



**Dordeta Munćan** rođena je u Zrenjaninu 1981. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Procena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata odbranila je 2013. godine.

## МЕРЕ ЗА УПРАВЉАЊЕ БРЗИНАМА У САОБРАЋАЈУ MEASURES FOR MANAGE TRAFFIC SPEEDS

Даница Пјевац, Факултет техничких наука, Нови Сад

### Област – САОБРАЋАЈ

**Кратак садржај** – Прекорачење брзине је комплексан проблем који укључује интеракцију многих фактора. Сходно томе, потребан је интердисциплинарни приступ у циљу смањења броја незгода, смртних случајева и повреда насталих услед прекорачења брзине. Овај свеобухватан приступ представља управљање брзином. У раду ће бити представљене поједине мере за ефикасно управљање брзинама у саобраћају.

**Abstract** - Speeding is a complex problem, involving the interaction of many factors. Accordingly, an interdisciplinary approach is needed to reduce speeding-related crashes, fatalities and injuries. This comprehensive approach is speed management. This paper will present some of the measures to effectively manage traffic speeds.

**Кључне речи:** Безбедност саобраћаја, прекорачење брзине, управљање брзинама, мере.

### 1. УВОД

Прекорачење брзине – понашање возача при коме се ограничење брзине прелази и достижу брзине превелике за услове пута – се стално сматрало одлучујућим фактором у готово једној трећини свих незгода са смртним исходом [1]. Улога прекорачења брзине у незгодама је тешка за утврђивање. Чак иако је прекорачење брзине наведено као главни фактор у незгоди, оно не мора бити њен узрок.

Управљање брзином, као један интегрисан и свеобухватан приступ, представља један од најбољих начина за побољшање тренутне ситуације.

Тренутно многе земље развијају своју саобраћајну политику користећи интегрисане приступе и већина земаља, на један или други начин, примењује мере за управљање брзинама у саобраћају.

Предмет рада је управљање брзинама, док је циљ рада утврдити ефикасност примене појединих мера за управљање брзинама у саобраћају.

### 2. ПРОБЛЕМ БРЗИНЕ

Иако се зна да брзина може имати позитиван утицај, на пример у смислу знатног смањења времена путовања при међуградским путовањима, овде се наглашавају пре свега негативни утицаји које брзина има на безбедност саобраћаја.

#### НАПОМЕНА:

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

Брзина је главни проблем за безбедност саобраћаја на путевима у многим земљама и уопште један од три највећа проблема у већини земаља. Прекомерна брзина (изнад ограничења брзине) или неприкладна брзина (неприлагођена за преовлађујуће услове) су фактори који доприносе чак једној трећини незгода и отежавајући су фактори у свим незгодама.

Такође се наглашава и величина проблема, која указује на чињеницу да је прекорачење брзине масовна појава која укључује све врсте учесника у саобраћају и све типове возила, на свим врстама путева.

#### 2.1. Општи трендови у броју погинулих у саобраћајним незгодама услед прекорачења брзине

Општи трендови у броју погинулих у саобраћајним незгодама услед прекорачења брзине у САД [1]:

- Број погинулих у саобраћајним незгодама услед прекорачења брзине је опао са 16.947 током 1986. на 12.592 током 1993. године. Број је остао релативно константан све до 2001. године, када се почео поново повећавати.

- Релативан однос погинулих у саобраћајним незгодама услед прекорачења брзине са укупним бројем погинулих показује општи тренд опадања, са највишег нивоа од 37% током 1986. до најнижег нивоа на 30% током 2000. године.

- Тренд пораста од 2000. године у укупном броју погинулих у саобраћајним незгодама и проценат оних које су везане за прекорачење брзине, се променио током 2003. године.

Према врсти пута [1], [2]:

- Број погинулих у саобраћајним незгодама услед прекорачења брзине на локалним, колекторским и артеријским путевима има тренд сличан за укупан број погинулих у саобраћајним незгодама услед прекорачења брзине. Једини изузетак је тренд броја погинулих услед прекорачења брзине на међудржавним путевима, који има свој максимум током 1998. године и остаје релативно сталан од тада.

- Од 2000. године, забележен је велики пораст погинулих у незгодама услед прекорачења брзине на локалним путевима у односу на остале врсте путева и овај тренд је трајао све до 2003. године, када је дошло до његовог опадања.

- Стопа смртности због велике брзине по миљи пута је три пута већа на локалним него на међудржавним путевима.

- Стопа смртности због велике брзине по миљи аутопута је највећа на међудржавним путевима.

Према ограничењима брзине [1]:

- током 1987. године, Конгрес је одобрио ограничења брзине од 65 mph на руралним путевима у државама. Од тада је број погинулих у незгодама услед прекорачења брзине био релативно константан на путевима са ограничењем брзине 65 mph, док је и даље постојао тренд на доле, на путевима са ограничењима брзине од 55 mph и мање.

- Током 1995. године, Конгрес је укинуо Национално максимално ограничење брзине. Од тада, број погинулих у саобраћајним незгодама услед прекорачења брзине се постепено повећавао на путевима са ограничењима брзине на 65 mph и више, док је број погинулих на путевима са ограничењем испод 50 mph био релативно стабилан.

Велико опадање на путевима са ограничењем брзине на 55 mph је делимично настао због опадања у миљама путева са овим ограничењем, због промена на већа ограничења брзине након укидања NMSL (National Maximum Speed Limit – NMSL).

Према врсти возила [1]:

- Процент незгода са смртним исходом услед прекорачења брзине је највећи међу мотоциклистима са величином од 36% током 2003. Овим се бележи опадање са високог нивоа од 47% у 1987. години.

- Процент учешћа прекорачења брзине у незгодама са смртним исходом је сличан за путничке аутомобиле и лака теретна возила. Пошто је проценат за путничке аутомобиле био релативно константан између 1992. и 2001., проценат за лака теретна возила је постепено опадао.

Током 2002. године, сва путничка возила су имала повећање у проценту учешћа прекорачења брзине у незгодама са смртним исходом.

- Забележено је процентуално опадање учешћа прекорачења брзине међу SUV возилима (Sport Utility Vehicle), који учествују у незгодама са смртним исходом, са високих 30% током 1983. године на 19% у 2001. години.

- Возачи тешких теретних возила који су учествовали у незгодама са смртним исходом су највероватније прекорачили брзину.

Према карактеристикама возача [1]:

- Мушкарци као возачи више учествују у незгодама услед прекорачења брзине за разлику од жена.

- Процент незгода са смртним исходом услед прекорачења брзине опада са старошћу возача.

- Млађи мушкарци старости испод 25 година се углавном сматрају учесницима у овим незгодама; међутим, проценат који укључује прекорачење брзине је имао тренд опадања све до 2001. године, када је дошло до новог повећања.

- У просеку, око 41% возача под утицајем алкохола (BAC = 0.08+) који су учествовали у незгодама са смртним исходом, у поређењу са оних 14% који се односе на трезвене возаче су прекорачили брзину.

- Док је проценат возача који прекорачују брзину благо опао за возаче у алкохолисаном стању, проценат код трезвених возача је релативно константан.

### 3. ИНЖЕЊЕРСКЕ МЕРЕ ЗА УПРАВЉАЊЕ БРЗИНАМА У САОБРАЋАЈУ

Инфраструктурне мере или инжењерске мере на путевима могу дати врло ефикасан допринос у контролисању брзине на путевима. Све у свему, резултати показују да је промена у изгледу пута кроз промене у инфраструктури потребна како би утицала на понашање возача који прекорачују брзину, не само краткорочно, већ такође и у дужем периоду.

Промене путне инфраструктуре којима се постиже конзистентнија инфраструктура и одражавају потребе свих учесника у саобраћају су важне не само као технике управљања брзином које могу да се употребе у саобраћајним администрацијама, већ и зато што могу да обезбеде улице и просторе у градовима и селима које су безбедније за пешаке и друге рањиве учеснике у саобраћају, док у исто време обезбеђују безбедну мобилност за све возаче.

#### 3.1. Капије

Данашње капије морају да указују на почетак подручја где се захтева другачије понашање у саобраћају, а поготово другачија брзина (Слика 1). Капије се могу користити на различитим путевима, углавном на граници града, али се такође могу наћи и унутар града како би делили град на различита подручја, обично у центру града.



Слика 1. Ефекат капије у граду, у Немачкој

Капије би требало да оцртавају почетак разних пројеката пута на истој деоници пута. Уколико постоји бицикличка трака у граду, пожељно је и требало би да почне код колског улаза. Прелазак коловоза са две саобраћајне траке у коловоз са једном саобраћајном траком, односно сужавање једне траке, треба да, по могућству, почне код капије.

Смањење брзине на таквим капијама зависи од њиховог пројектовања и промена у пројекту пута између претходних и следећих деоница пута, као и од суседног окружења.

#### 3.2. Острва и заштитна острва (пешачка острва)

Централна саобраћајна острва се често користе на улазима у градска подручја, нарочито на путевима који пролазе кроз мање градове или села. Евидентне су разлике у функцији и облику између једностранних централних острва, намењених за смањење брзине само на улазу и двостраних централних острва, која имају за циљ да спрече повећање брзине возила

уколико она излазе из градског подручја, па чак и унутар њега. Истраживање које је спровео Саобраћајни истраживачки центар у Чешкој Републици је показало јаку склоност ка двостраним острвима или потребу за другим мерама за смиривање саобраћаја на траци у супротном смеру [3]. Једним делом, то је због великог броја возача који користе супротну непрекидну траку како би избегли смањење њихове брзине са једне стране острва.

Централна саобраћајна острва одвајају двосмерни саобраћај, спречавају претицање и могу такође да избегну нежељена супротна скретања. Међутим, њихова употреба је најпогоднија за избегавање било каквог „ефекта ограде“ на путевима на које се укључују рањиви учесници у саобраћају. Они дозвољавају пешацима да пређу пут у две фазе, тако да су они изложени само једном току саобраћаја из једног смера, у исто време.

Заштитна острва поред пута могу да се формирају као облик проширења тротоара. Она скраћују растојање између тротоара са обе стране улице и смањују време које је потребно пешацима да пређу пут.

### 3.3. Сужавање коловоза

Сужавање ширине коловоза са две саобраћајне траке је једна промена у инфраструктури која може да успори брзину у саобраћају. Такво сужавање се може обавити било са средине пута или са страна, а може се обавити и постављањем острва по средини пута (Слика 2).

Сужавање пута тротоарима је једна од мера инфраструктуре која се врло често користи у сврхе управљања брзином.



Слика 2. Сужавање пута у Лоубароу (Велика Британија)

### 3.4. Кружни токови и кружна острва

Смањење брзине је такође веома својствено код раскрсница у нивоу, на градским и руралним путевима. Примена кружних токова на овим локацијама је веома ефикасна мера за смањење брзине. Поред тога, пошто су се возила ефикасно кретала у истом смеру на кружном току, са ударним углом који је мањи од  $90^\circ$ , то је резултирало мање озбиљне последице у случају колизије. На основу мета-анализа, извештава се о смањењу саобраћајних незгода са повређенима за 10-40 % у зависности од броја кракова раскрснице и претходних облика контроле саобраћаја [4]. Највеће смањење је установљено за четворокраке раскрснице, са

претходно постављеном саобраћајном сигнализацијом. Дошло је до већег смањења саобраћајних незгода са погинулим и теже повређеним, него незгода са лакше повређеним лицима. Мета-анализе су показале пораст броја незгода са материјалном штетом на кружним токовима.

Кружни токови са спољним пречником између 30 и 50 метара, са једном саобраћајном траком у кругу, како на улазу тако и на излазу, су веома обећавајућа мера за повећање безбедности саобраћаја на путевима, како у погледу ефикасности на безбедност саобраћаја на путевима, тако и на жељену промену брзине. У последњих неколико деценија, ова врста кружног тока је постала много чешћа на руралним раскрсницама.

Мали кружни токови (са пречником између 24 и 30 метара) постали су изузетно популарни у многим земљама, на многим раскрсницама, где не постоји могућност да се изграде већи кружни токови, посебно на градским прилазним путевима. Жељени ефекат на брзину возила у току веома зависи од прецизног пројектовања и изградње сваког параметара малог кружног тока, као и од количине саобраћаја и простора који је на располагању.

Мини кружни токови (пречника мањег од 24 метра) нису толико добро искоришћени широм света као мали. Нема довољно података у вези са њиховим утицајем на брзину, али се претпоставља да чине одговарајући тип раскрснице за смањење брзине у стамбеним подручјима.

### 3.5. Вертикалне препреке на путу

Вертикалне препреке на путу су најчешће коришћени облик за смиривање саобраћаја, нарочито у оним земљама, као што су Велика Британија и Холандија, где се смиривање саобраћаја врши веома брзо. Међутим, они нису тако добро фаворизовани у земљама у којима се смиривање саобраћаја касније реализовало, као на пример у Аустрији, Чешкој Републици и сл. Вертикалне препреке се могу поделити на различите врсте у зависности од њиховог пројекта почев од термопластичних верзија и настављајући се до издигнутих раскрсница.

Ефикасност у постизању жељене брзине је и доказана. Ефекат смањења брзине - обично приметан 50 метара пре и после препреке - у великој мери зависи од висине прегиба и нагиба.

У поређењу са „једноставним“ прегибима, све више су популарни подигнути пешачки прелази и издигнуте раскрснице (Слика 3) посебно у пределу зоне где је саобраћај смирен или у Зони 30.



Слика 3. Издигнута раскрсница у Греноблу (Француска)

### 3.6. Привремене мере

Из више разлога, укључујући и буџетска ограничења, имплементација побољшања пројекта пута може потрајати. Због тога је понекад потребно и спровођење привремених мера. То се може постићи са стубовима за ограничавање и обележавањем пута (Слика 4).



Слика 4. Привремени пројекат пута у Белфорту (Француска)

### 3.7. Коловози са рељефном текстуром и шрафуром

Рељефне и обојене површине код којих се користе различити материјали, као што је на пример цигла, ради стварања неравне површине за кретање возила чиме се возачи присиљавају да смање брзину кретања возила (Слика 5.). Могу да се користе на пешачким прелазима, комплетној раскрсници и око комплетних стамбених блокова. Овај тип мере за смиривање саобраћаја је погодан за места где је велика фреквенција кретања пешака уколико повећање буке, које се дешава приликом кретања возила неравним површинама, не представља проблем.



Слика 5. Коловоз са рељефном текстуром

### 3.8. Шикане

Шикане су хоризонтална испупчења на путу која варирају са једне стране улице на другу, формирајући тако закривљења на путу због којих возач мора да смањи брзину кретања по таквом путу. Шикане такође могу да се формирају уколико се са стране додају места за паркирање возила. Шикане се уграђују на локације на којима је потребно извршити смањење брзине возила под условом да не дође до повећања нивоа буке. Шикане се примењују у подручјима где треба смањити брзину саобраћаја драматично, где су токови ниски, али вибрација земљишта може бити проблем да би се натерали возачи да око препрека смање брзину возила (Слика 6.).



Слика 6. Шикана на путу

## 4. ЗАКЉУЧАК

Унапређења инфраструктуре су често више исплатива и лакше их је реализовати у насељеним подручјима, где предности за безбедност могу бити непосредно реализоване. У стамбеним областима, у близини школе, на пешачким прелазима и слично, где је потребно смањење брзине, треба употребити мере као што су вертикалне препреке и сужење пута.

На руралним путевима, промене у инфраструктури је теже спровести због обима мреже и трошкова који су укључени. Унапређења се могу обавити уклањањем препрека поред пута како би путеви били безбеднији. Када инфраструктура не може бити унапређена, уз разумне трошкове, према стандарду потребном за постојеће ограничење брзине, одговарајућа мера је да се смањи ограничење брзине.

Управљање брзином кроз инфраструктурне промене је спасло многе животе. Са оствареним знањем о најбољим праксама, као и поука из грешака, смиривање саобраћаја ће и даље бити веома важна мера за управљање брзинама у градским подручјима. Истовремено, то ће бити важно да се развију динамичка ограничења брзине на свим врстама путева, у различитим саобраћајним и временским условима.

## 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1]. NHTSA. (2003). Fatality Analysis Reporting System, (1983-2003).
- [2]. FARS. (2002). Highway Statistics 2002.
- [3]. Heinrich J., E. Simonova and Z. Hruby. (2004). *New approach to better design of selected road safety measures*, 1st European Road Congress, Lisbon.
- [4]. Elvik, R. and T. Vaa. (2004). *The Handbook of Road Safety Measures*, Elsevier.

### Кратка биографија:



**Даница Пјевац** рођена је у Сомбору 1984. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Безбедност саобраћаја одбранила је 2013. године.



**Драган Јовановић** рођен је у Зрењанину 1974. године. Докторирао је на Факултету техничких наука 2005. године, а од 2011. је у звању ванредни професор. Област интересовања је Безбедност саобраћаја.

**ОБЕЛЕЖЈА САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА НА КРИВИНАМА  
CHARACTERISTICS OF TRAFFIC ACCIDENTS ON CURVES**

Дејан Михајловић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – САОБРАЋАЈ**

**Кратак садржај** – Просторна дистрибуција саобраћајних незгода је веома различита. На појединим микролокацијама на путевима број саобраћајних незгода је већи у односу на остала места. На кривинама се догоди значајан број саобраћајних незгода. У раду су анализирана обележја саобраћајних незгода на кривина на подручју Војводине.

**Abstract** - Spatial distribution of traffic accidents is very different. At some locations the number of road traffic accidents is higher than in other places. On the curves occur a significant number of accidents. This paper analyzes characteristics of traffic accidents on curves in Vojvodina.

**Кључне речи:** Безбедност саобраћаја, саобраћајне незгоде, кривине.

**1. УВОД**

Развој моторног саобраћаја унео је велике промене не само у саобраћај, него и у живот човека уопште, изменио постојеће услове, створио нове изворе опасности које до сада у овом облику и интензитету нисмо познавали.

Анализа стања безбедности у друмском саобраћају је од великог значаја како би се, на основу добијених података, могли изводити закључци о мрежама које треба предузети у наредном временском периоду како би се безбедност саобраћаја подигла на виши ниво.

Саобраћајне незгоде, чија је улога у морталитету савременог човечанства и разарању материјалних вредности велика, чине најзначајнији појавни облик небезбедности у саобраћају.

Анализе саобраћајних незгода треба да помогну, да се идентификују локације на којима најчешће долази до саобраћајних незгода, да се утврди време у коме се највише дешавају, да се дефинишу одговарајуће мере и да се оцене ефекти предузетих мера.

Предмет овог рада јесте анализа саобраћајних незгода и њихових последица у кривинама. Простор истраживања обухватио је подручје АП Војводина, а временски обухват истраживања је период од 2003. до 2008. године.

**НАПОМЕНА:**

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

**2. ПРОСТОРНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ  
САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА**

Детаљна анализа и стално праћење просторне дистрибуције незгода омогућава да се ефикасније планирају и проводе мере и активности ради њиховог спречавања, јер нас резултати ових анализа упућују где поједине мере треба предузимати.

Анализа просторне дистрибуције (распореда) саобраћајних незгода омогућају нам да утврдимо просторни размештај и трендове просторног кретања незгода, њихову дистрибуцију, концентрацију, цикличне варијације и разлике које постоје између држава, региона, насеља, путева ван насеља, града и села, разних категорија путева, па све до конкретне микролокације незгода на неком путу (раскрснице, кривине итд.) и односа фреквенције саобраћаја и незгода на појединим деоницама.

Ради се о географији саобраћајних незгода која се утврђује углавном на основу статистике. Она нам је потребна јер незгоде нису равномерно распоређене по целој путној мрежи, нити су њихови појавни облици и узроци исти, па самим тим ни реаговање друштва не може бити исто. На различиту просторну дистрибуцију незгода утиче читав низ различитих фактора које треба сагледати у оквиру предузимања практичних мера ради њиховог сузбијања. Међу факторима који утичу на ову дистрибуцију значајно место заузима обим и структура саобраћаја, дужина и квалитет путне мреже, стање и структура возног парка, распоред насељених места и разни социјални и културни чиниоци. У појединим регионима у оквиру исте земље због историјских и других услова различите су навике, обичаји и схватања која утичу на понашања у саобраћају.

Потребно је изучити однос просторне дистрибуције незгода и социјалних феномена за које се сматра да су повезани са појединим подручјима. Због свега наведеног негде је већа дисперзија незгода (незгоде расејаног типа), а негде је чешће „гроздасто“ окупљање незгода („црне тачке“).

**2.1. Кривине као фактор безбедности саобраћаја**

Оптерећење и напрезања возача много су већа у кривинама, него на правом путу, нарочито због деловања попречног убрзања и оптичког вођења пута. Резултати истраживања показују да се ово демонстрира и знатним повећањем фреквенције пулса и смањењем електричног отпора коже код возача. У филозофији и психологији се углавном сматра да је пораст фреквенције пулса индикатор емоционалног напрезања. У овим околностима треба тражити бар део разлога што у кривинама чешће

долази до губитка контроле над возилом него на правом путу.

Приликом кретања у кривини на моторно возило, осим сила које се јављају при вожњи у правцу, делује и бочна тзв. центрифугална сила. Центрифугална сила у кривини делује мимо правца којим возач вози и настоји да возило одвуче од средишње тачке кривине. Ова сила се повећава са оштрином кривине и расте са квадратом повећања брзине, односно интензитет деловања те силе пропорционалан је производу деловине возила и квадрату брзине, а обрнуто пропорционалан полупречнику кривине. То значи да са повећањем брзине и тежине кретања возила и смањењем радијуса кривине центрифугална сила расте. Стабилност возила у кривини може се посматрати као могућност бочног заносења и превртања.

Већина путничких возила конструисана је тако да ће се возило приликом кретања кроз кривину пре занети него преврнути. Код тешких теретних возила, нарочито која су натоварена у висину, може доћи до превртања приликом вожње кроз кривину. Возило може да се преврне када центрифугална сила постане већа од бочних сила са којим се пнеуматици држе за коловоз. Томе може допринети и возач уколико грубо управља возилом (нагли покрет управљача) и наруши бочне силе на пнеуматикама.

Да би се побољшали услови стабилности, у кривинама се пут нагиње ка центру кривине, а тај попречни нагиб коловоза повећава стабилност возила при проласку кроз кривину. Возило неће излетети из кривине ако је центрифугална сила, при одређеној сили у кривини, мања од силе трења која се појављује између пнеуматика и коловоза.

Поред радијуса кривине, попречног нагиба, прегледности, знакови упозорења у комбинацији са ограничењем брзине и ознакама за вођење возила могу смањити број незгода на овим микролокацијама. Приближавање кривини великом брзином у комбинацији са неодговарајућим коефицијентом трења стварају се критичне ситуације, посебно на влажном коловозу.

Непостојање уздужне средишње линије доприноси да возачи у кривини прелазе на коловозну траку намењену за супротни смер. Ризик је већи када се после дужег правца или деонице са благим кривинама појави кривина са минималним или изузетним полупречником, а да возач није на време добро обавештен. Прав пут провоцира латентну склоност ка брзој вожњи, пасивизирају се менталне функције услед дужег деловања једноличних стимулуса на правом путу тако да наилазак на овакву кривину изненади неспремног возача. Није битан само број кривина на неком правцу него и уједначеност њихових елемената (пре свега полупречника). Неповољне су и истосмерне кривине спојене кратким парцима.

### 3. ОБЕЛЕЖЈА САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА НА КРИВИНАМА НА ПОДРУЧЈУ АП ВОЈВОДИНА

Подаци кориштени у овој анализи засновани су на бази оформљеној од стране МУП-а на територији АП

Војводине у шестогодишњем периоду од 2003. до 2008. године. Постојећи начин прикупљања података о саобраћајним незгодама не обезбеђује да се сагледају све настале последице саобраћајних незгода, већ само оне које се евидентирају најчешће у оквиру полицијских извештаја. За сада није пронађен механизам утврђивања „тамне бројке“ саобраћајних незгода тако да се не може говорити о потпуно тачним подацима о броју незгода, као и броју повређених лица. Нешто већа поузданост података је о смртним случајевима у саобраћајним незгодама.

Према релевантним подацима у АП Војводини у периоду 2003-2008. године евидентирано је 105.112 саобраћајних незгода. У кривинама се догодило 4.863 саобраћајне незгоде што чини 4,62% од укупног броја саобраћајних незгода.

Најмање саобраћајних незгода догодило 2003 године, а највише у 2008. години уз наизменичне осцилације у осталим годинама посматраног периода, које су се јављале у том периоду са благом тенденцијом пораста што указује на неповољан тренд раста броја саобраћајних незгода (График 1.).

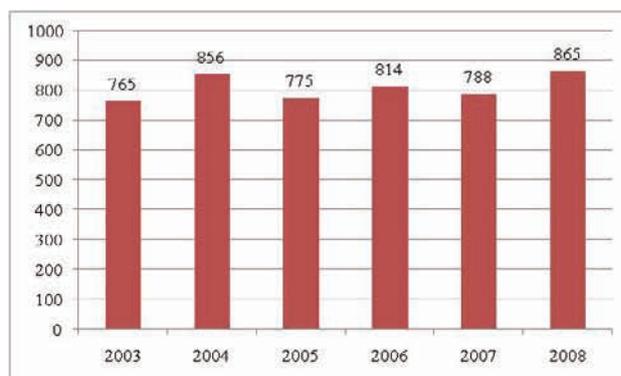


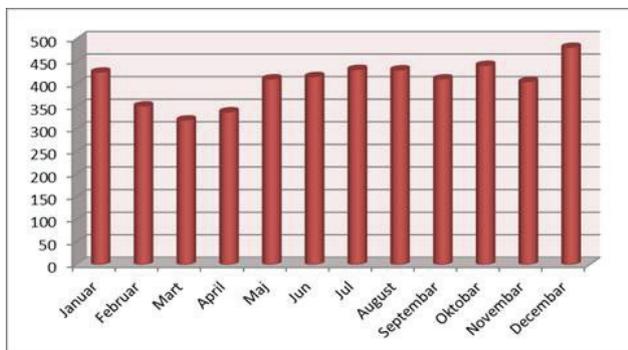
График 1. Саобраћајне незгоде на кривинама, АП Војводина, 2003-2008.

Време кад се догодила одређена незгода је значајно за боље схватање услова настанка незгоде, али и за планирање превенције будућих незгода. Временска дистрибуција (распоред) саобраћајних незгода је такође различита. На временски распоред саобраћајних незгода између осталог утичу: привредне активности, туристичка сезона, пољопривредни радови, начин живота, организација слободног времена, географски и климатски услови, дневна ритмичка кретања и све остало што условљава саобраћајне активности. Временске ритмове саобраћајних незгода није довољно утврђивати укупно за све незгоде, него и за поједине врсте незгода.

Да би се сагледали сви аспекти и импликације ових карактеристика, добили употребљиви подаци за предузимање мера друштвене интервенције, потребно је утврдити у којим периодима се догађају поједине врсте незгода и њихово цикличко кретање (детаљан временски распоред незгода у којима учествују: деца, пешаци, бициклисти и др.).

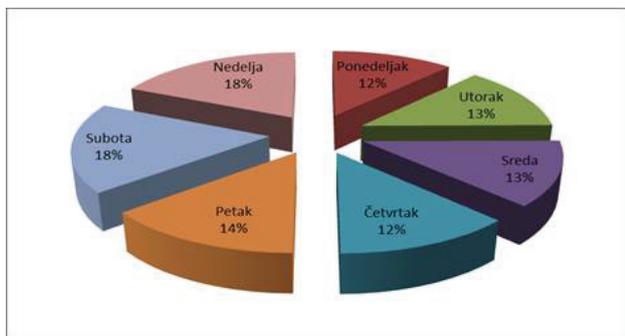
Подаци о саобраћајним незгодама по месецима показују да се у кривинама на подручју АП Војводине за период 2003 – 2008 године највише саобраћајних незгода догодило у децембру 481 или 9,89%, а најмање у марту 320 или 6,58% (График 2.). Може се

приметити да је број саобраћајних незгода значајније изражен у јануару и има тенденцију пада у односу на март где достиже свој минимум, а затим се бележи значајан пораст броја незгода све до маја где се приближава броју незгода из јануара. Од маја до новембра имамо приближно једнак број незгода уз мање осцилације, док се у децембру тај број значајније повећава и достиже свој максимум.



**График 2.** Саобраћајне незгоде на кривинама по месецима у току године, АП Војводина, 2003-2008.

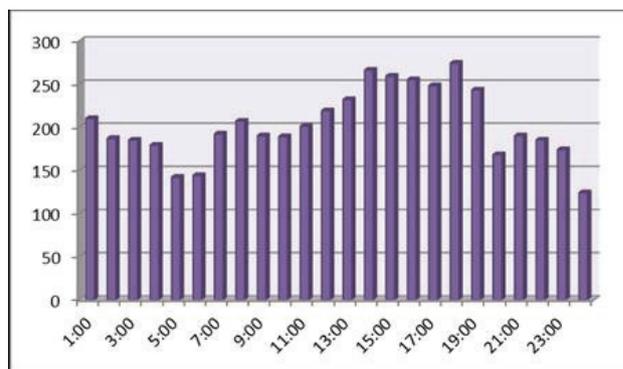
Највећи број незгода у кривинама догађа се викендом при чему у недељу достиже свој максимум, док је најбезбеднији дан понедељак (График 3.). Ово се може објаснити тиме што се највећи број људи викендом креће ванградским саобраћајницама, а самим тим су изложени већем ризику по овом основу. Осталим данима у недељи се дешава подједнак број незгода. Још један од разлога за овакву статистику јесте тај што се викендом по путевима Војводине креће већи број непрофесионалних возача, па је тим и могућност настанка незгода већа.



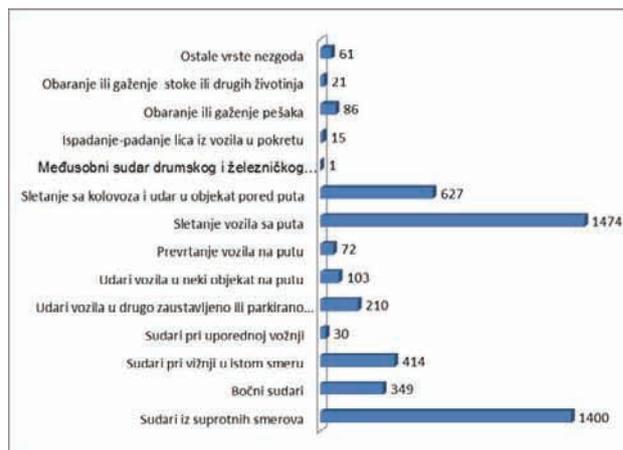
**График 3.** Саобраћајне незгоде на кривинама по данима у току седмице, АП Војводина, 2003-2008.

Период дана у коме се догоди највећи број саобраћајних незгода у кривинама је од 15 до 19 часова када се догоди око 25% укупног броја незгода у току дана, док се најмањи број незгода дешава у периоду око поноћи, те у периоду од 5:00 до 7:00 часова (График 4.).

Врста саобраћајне незгоде која се најчешће јавља на путевима Војводине јесте „слетање возила са пута“ где је оваквих незгода у посматраном периоду било 1.474. Друга по учесталости врста саобраћајне незгоде јесте „судар из супротних смерова“, где се 1.400 оваквих незгода догодило у периоду 2003-2008 године (График 5.).

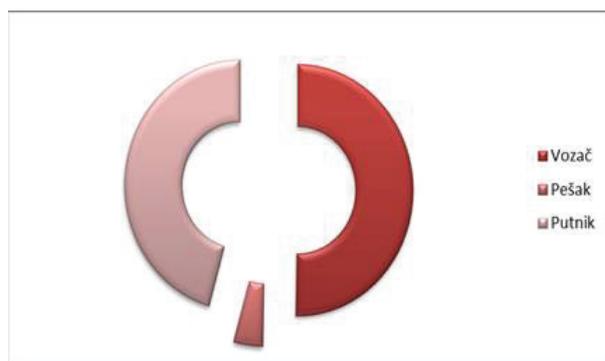


**График 4.** Саобраћајне незгоде на кривинама по часовима у току дана, АП Војводина, 2003-2008.



**График 5.** Врсте саобраћајних незгода на кривинама, АП Војводина, 2003-2008.

Страдање путника у саобраћају у Војводини у посматраном временском периоду је приближно једнако страдању возача. Највише страдају возачи њих 1.436 што чини 50,2% и они су приближно заступљени у свакој категорији. У посматраном периоду је у кривинама на путевима Војводине страдало 116 пешака што чини 4,1%, док је путника страдало 1.305 односно 45,7%. (График 6.). Разлог оваквој статистици је тај што су путници, приликом саобраћајне незгоде, мање припремљени, те их сама незгода више изненади, те због тога трпе веће последице и задобијају теже повреде. С друге стране, непосредно пред саму незгоду, возачи инстинктивно покушавају избећи незгоду штитећи себе, па се тиме путници који се налазе у возилу доводе у још неповољнији положај.



**График 6.** Настрадали по категорији учешћа у саобраћају на кривинама, АП Војводина, 2003-2008.

Анализирајући број настрадалих у саобраћајним незгодама у кривинама примећује се да убедљиво најзначајније место заузимају возачи са положеном Б категоријом, њих 1.025 односно 73%. После возача Б категорије следећи по броју настрадалих су возачи без положеног возачког испита њих 175 односно 12,49%. Ова група возача није толико бројна али заузима значајно место у броју настрадалих јер ти возачи не поседују довољна теоријска нити практична знања за самостално и безбедно управљање возилом чему се често придода велика брзина кретања као и конзумирање алкохола. Најмањи број настрадалих је у групи возача са иностраном возачком дозволом коју чини њих 5 односно 0,36%.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Проблем безбедности саобраћаја, односно проблем страдања особа у саобраћајним незгодама при сударима возила, и уопште страдања људи у саобраћају, постао је глобални проблем који друштву не даје пуно простора за размишљање, већ упозорава да непрекидно треба радити на овом проблему, како би се алармантно стање у овој области што пре побољшало, односно смањено број настрадалих у саобраћајним незгодама и тиме повећала безбедност свих учесника у саобраћају.

Веома је важно редовно вршити анализу стања безбедности саобраћаја како би се на основу добијених података могли изводити закључци о мерама које треба предузети у наредном периоду да би се безбедност саобраћаја подигла на виши ниво.

Истраживање у овом раду показује стање безбедности у друмском саобраћају кроз сакупљене показатеље о саобраћајним незгодама у кривинама. Исте су за последицу имале смрт лица у саобраћајним незгодама, повреду лица као и настанак материјалне штете.

Резултати добијени на основу проведених анализа показали су да је број саобраћајних незгода, које су за последицу имале страдање лица, у сталном порасту. Почевши од 2003. године, уз блаже осцилације, бележи се стални тренд раста броја саобраћајних незгода, да би исти свој максимум достигао у 2008. години. Имајући у виду овај негативан тренд раста броја незгода неопходно је вршити стално праћење стања у саобраћају, како би се адекватним мерама могло планирати унапређење стања безбедности саобраћаја.

Једна од мера која би допринела заустављању овог негативног тренда и која би допринела повећање безбедности саобраћаја у кривинама на подручју АП Војводине су мењање геометрије кривина (у врло опасним – оштрим кривинама би било неопходно повећати радијус кривине и тиме знатно смањити могућност настанка незгоде). Ова мера би дала значајне резултате посебно у Војводини где возачи врло често и изненада после дугачких и правих деоница пута наилазе на врло оштре кривине, често и са веома малим полупречником.

Следећа мера која би повећала безбедност саобраћаја на путевима Војводине, па самим тим и у кривинама би подразумевала постављање нове и квалитетније одржавање постојеће хоризонталне и вертикалане саобраћајне сигнализације. Значајно смањење броја

незгода у кривинама могло би се постићи када би се уз саобраћајни знак који возаче упозорава на надлазећу кривину поставила и допунска табла која би возаче упозоравала на радијус кривине. Код возача почетника ова мера не би имала већег значаја из разлога што приликом пријема информација о радијусу кривине са саобраћајног знака они не би могли проценити о колико оштрој кривини се ради, но међутим са повећањем возачког стажа, возачи би по пријему информације о радијусу кривине врло лако могли претпоставити каква их кривина очекује, те на тај начин прилагодити брзину кривини у коју улазе.

Мера која би такође утицала на смањење незгода подразумева боље одржавање чистоће саобраћајница, нарочито за време сезонских радова у пољопривреди када се неретко пољопривредним машинама на саобраћајнице износи знатна количина земље, која се у кишним периодима године претвара у блато, а самим тим и значајно смањује коефицијент трења између пнеуматика и подлоге. Осим смањења коефицијента трења блато са коловоза се приликом кретања возила подиже и наноси на ветробранска стакла возила које се крећу и тиме неповољно утичу на безбедност одвијања саобраћаја.

Можда је тешка материјална ситуација нашег целокупног друштва оправдање за многе недостатке који прате одвијање саобраћаја, али постоје и многи пропусти за чије исправљање нису потребна велика финансијска средства, али ипак и даље остају нерешена. Детаљане анализе појединих микролокација превазилазе оквире овог рада, али би сигурно дале резултате у проналажењу адекватних мера којима би се на свакој конкретной микролокацији унапредила безбедност саобраћаја.

Недовољно саобраћајно образовање, непоштовање саобраћајних прописа и некажњавање несавесних учесника у саобраћају, као и неадекватна едукација деце и недовољно улагање у инфраструктуру и опрему су заправо проблеми који за последицу имају велики број саобраћајних незгода. Управо са њим би наша земља требало да се суочи и предузме адекватне, систематске, већ доказане кораке, а све у циљу подизања безбедности саобраћаја на што је могуће виши ниво.

#### 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Инић, М. Безбедност друмског саобраћаја, ФТН, Нови Сад, 2004.
- [2] Костић, С. Технике контроле и безбедности саобраћаја, ФТН, Нови Сад, 2004.
- [3]. Церовац, Г. Дипломски рад, ФТН, Нови Сад, 2011.

#### Кратка биографија:

**Дејан Михајловић** рођен је у Сомбору 1984. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Безбедност саобраћаја одбранио је 2013. године.



**Драган Јовановић** рођен је у Зрењанину 1974. године. Докторирао је на Факултету техничких наука 2005. године, а од 2011. је у звању ванредни професор. Област интересовања је Безбедност саобраћаја.

**УНАПРЕЂЕЊЕ СИСТЕМА ЈМПП У ГРАДУ НОВОМ САДУ ДО 2030 ГОДИНЕ,  
УПОТРЕБОМ ПРОГРАМСКОГ ПАКЕТА VISUM****IMPROVING THE SYSTEM OF PUBLIC TRANSPORT IN THE CITY OF NOVI SAD  
TO THE YEAR OF 2030, USING THE VISUM SOFTWARE PACKAGE**

Ненад Јаворина, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

**Област – САОБРАЋАЈ**

**Кратак садржај** – У овом раду је описан низ мера, распоређених у четири фазе развоја система јавног превоза у граду Новом Саду. Поменуте мере имају за циљ да унапреде постојећи, и дефинишу будући развој система ЈМПП. Посебан осврт је дат на дефинисање трасе трамвајских линија прве фазе развоја будућег трамвајског подсистема система ЈМПП, уз извршену симулацију оптерећења у програмском пакету VISUM

**Abstract** – In this paper is define a sequence of measures, sorted in four fazes of system upgrading public transport in the city of Novi Sad. These measures have a goal to improve the old, and define the future upgrade for public transport. A special attention is givin to defining tram line destinations in the first faze of upgrading the future tram subsystem system of public transport, with finished traffic simulation in the VISUM software package

**Кључне речи:** Јавни превоз, Нови Сад, унапређење, трамвај, симулација, оптерећење, програм, VISUM.

**1. УВОД**

Функција система Јавног градског путничког превоза, као саобраћајне делатности, је пружање превозне услуге на одређеном саобраћајном подручју. Пораст броја становника једног подручја диктира потребу за јавним превозом, а идеја водила приликом његовог планирања мора бити квалитет услуге, из угла корисника, што захтева холистички приступ пројектовању.

**1.1. Предмет и циљ истраживања**

Предмет рада је анализа варијанти у [1], и мреже постојећих линија које опслужују возила ЈПП Нови Сад.

Циљ рада јесте да се, на основу добијених резултата, предложи мере које би дигле квалитет јавног превоза.

**1.2. Основни подаци о Новом Саду**

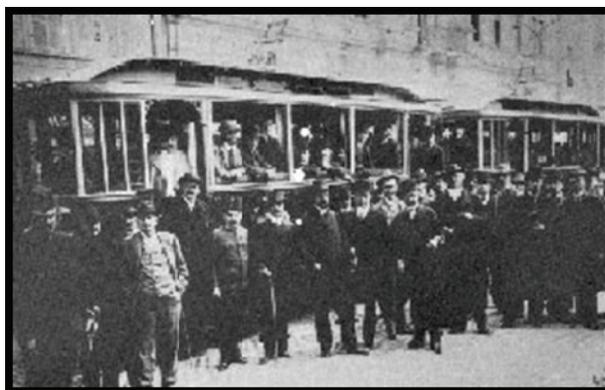
Нови Сад је други град по броју становника у Србији. На територији ГП Нови Сад живи 280 555 становника и ради 104 870 запослених. Нови Сад лежи на обали реке Дунав, у коју се улива мали канал, система ДТД. Нови Сад се налази на 80 km од Београда и међународног аеродрома "Никола Тесла" и 346 km јужно од Будимпеште, с којима је повезан аутопутем Е-75.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Миломир Веселиновић, ванр. проф.

**1.3. Историја јавног превоза у Новом Саду**

Зачеци јавног превоза у Новом Саду датирају из 1868. године када је тражена дозвола за превоз путника фијакером по граду. Развојем Новог Сада појавила се идеја о увођењу трамваја, који је пуштен у промет 30.9.1911. године, што је и забележено на слици 1.



Слика 1. Свечано пуштање у промет трамваја

Константним растом града 1930. године управа града купује три аутобуса. 1958. године се у потпуности укида трамвајски, и прелази се на аутобуски превоз. У децембру 1967. Године, пуштена је у рад Међумесна аутобуска станица у Новом Саду.

**2. ЈАВНИ ГРАДСКИ ПРЕВОЗ ПУТНИКА**

Јавни градски превоз путника у Новом Саду обавља се искључиво на територији града Новог Сада. Градским линијама се опслужује континуално изграђено подручје града, које је обухваћено подручјем ГП [1].

На нивоу целог система, највећи број путника се превезе у периоду од 13:00 до 14:00 часова (23 481) и између 7:00 и 8:00 часова (23 164 путника) [1].

Највећи број путника користи линије 7 (са 14,2%) и 8 (са 11,3% укупног броја путника). Изражени су и превозни захтеви на линијама 4, 9, 5, 11 и 3[1].

Основни динамички елементи градских линија дати су у табели 1.

Табела 1 показује да на градским линијама 102 возила реализују 2.398 полазака.

Анализом садашње мреже линија ЈМПП у Новом Саду и анализом варијанти будуће мреже линија у [1], овом радом је предложен низ мера, са циљем побољшања постојећег и будућег нивоа квалитета јавног превоза.

Табела 1. Динамички елементи рада градских линија [1]

Број линије	Назив линије	Врста линије	То	№	Просечан интервал (')	Број поласака
1	Клиса – Центар – Лиман I	Д	76	10	7,6	206
2	Центар – Ново насеље	Р	44	5	8,8	209
3	Петроварадин – Детелинара	Д	74	9	8,2	221
3А	Центар – Победа	Р	30	-	-	2
4	Ж.станица – Центар – Лиман IV	Д	54	6	9,0	208
5	Темерински пут – Авијатичарско н	Д	76	10	7,6	225
6	Подбара – Адице	Д	70	6	11,7	155
7А,Б	Лиман IV – Ж.станица – Ф.пијаца – Лиман IV	К	95	12	7,9	230
8	Ново насеље – Центар – Лиман I	Д	80	10	8,0	217
9	Ново насеље – Петроварадин	Т	84	9	9,3	189
10	Центар – Индустриска зона (југ)	Р	40	6	5,0	28
11А,Б	Ж.станица (кружна линија)	К	88	8	11,0	184
12	Центар – Телеп – Ново насеље	Р	70	7	10,0	180
14	Центар – Сајлово	Р	60	3	20,0	110
15	Центар – Индустриска зона (сев.)	Р	40	1	5,0	22
16	Ж.станица – Пристанишна зона	Р	30	-	-	12
Укупно				102		2398

### 3. ПРЕДЛОГ МЕРА ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ СИСТЕМА ЈГПП-а

Предложене мере се односе на период од 2012 до 2030. године. Поменуте мере су распоређене у четири фазе развоја, и то као: нулта, прва, друга и трећа фаза.

#### 3.1. Нулта фаза

Нулта фаза представља период од публикације овог рада, до увођења трамвајског система у систем ЈМПП. У овој фази су предложене мере за побољшање постојећег система ЈМПП, поређане у прогресивном низу.

##### 3.1.1. Динамички елементи реда вожње

Анализом протока у [9], на основу возила капацитета 70 места, дошло се до података који показују да је на градским линијама број: 1, 2, 3, 6, 10, 11, 12, 14 и 16, све поласке могуће реализовати соло возилима, а на линијама број: 4, 7 и 8 зглобним возилима ЈГСП-а.

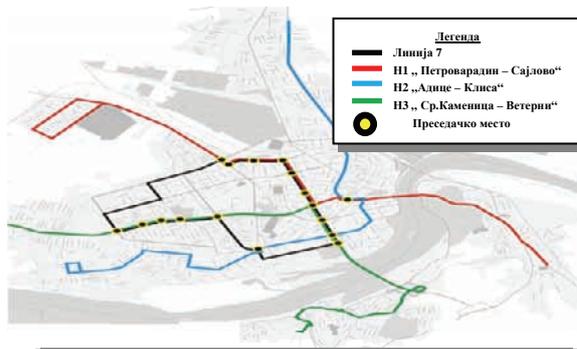
На линијама 9 у преподневним поласцима, и линији 5 у поподневним поласцима, потребно је реализовати одређене поласке зглобним возилима ЈГСП-а.

##### 3.1.2. Ноћне линије ЈГПП-а

У ноћном саобраћају, поласке реализује линија 7 са интервалом од 40 минута. Саобраћајна приступачност у ноћном саобраћају, због поменутог, није равномерна на целом подручју Новог Сада. Предлог је, увођење три ноћне линије, чије су трасе приказане на слици 2.

Свака од предложених ноћних линија представља симбиозу две дневне линије.

Тако је ноћна линија Н1, означена црвеном бојом на слици 2, симбиоза линија 3 и 14. Линија Н2, означена плавом бојом, је симбиоза линија 6, 12 и 5, док је линија Н3, означена зеленом бојом на слици, симбиоза дневних линија број 52 и 68.



Слика 2. Трасе ноћних линија ЈГСП у нултој фази

#### 3.1.3. Реорганизација МАС Нови Сад

Анализом [2], у први план је изашао податак о стварању колоне аутобуса на улазу у локацију МАС, и на стајалишту 0705А „Бул. Ј. Томића – Жел. станица“. Решење проблема, предложено је реорганизацијом долазних и одлазних перона, приказаној на слици 3.



Слика 3. Реорганизација МАС Нови Сад у нултој фази

Улазак на локацију МАС, је измештен из сектора 1, у сектор 2. Црвеном бојом су означени долазни перони међумесних линија. Долазни градски перони су означени жутом бојом. Зеленом бојом су означени перони за поласак возила приградских линија. Паркинг за аутобусе у сектору 1, такође је реорганизован.

##### 3.1.4. Грађевински радови, средњи ниво

Извођење грађевинских радова, унутар слободног и саобраћајног профила, потреба је и неминовност, како би ЈГСП обављао своју функцију ефикасно и у складу са развојем града. У поменутом циљу, неопходно је:

- Обезбедити ефикасније одвођење воде са планума саобраћајница, постављањем каишних сливника изван саобраћајног профила.
- Семафорисати и координисати саобраћајнице куда иду трасе градских линија ЈГПП-а, чиме би се смањила потрошња горива у возилима ЈГСП-а, и остварио континуитет у вожњи.
- Остварити бољи проток кроз саобраћајнице, дуж ужег старог градског језгра, увођењем саобраћајне траке за кретање возила јавног превоза дуж Булевару Михајла Пупина, као и разградњом привремене и изградњом нове паркинг гараже код Успенске цркве, али и реконструкцијом зграда у Јеврејској улици. Све поменуто би резултовало да се постојеће трасе линија 2, 4, 5, 6 и 14 измене.

### 3.1.5. Виброакустичне траке

Извођењем грађевинских радова, поменутих у претходним тачкама, корисницима јавног превоза се обезбеђује угоднија и безбеднија возња на тракама предвиђеним за саобраћај јавног превоза. Како би обезбедили да остали корисници не користе поменуте саобраћајне површине током возње, уздужне разделне линије истих је потребно урадити виброакустичним тракама.

### 3.1.6. Информациони систем ЈМПП

Савремени систем ЈМПП једног града није могуће замислити без савремених информационих система. Поменути систем би требао да размени податке између оперативног центра, возила ЈГСП-а и потенцијалних корисника и путника, уз истовремено пружање интернет конекције у својим возилима коришћењем WiMAX и WiFi телекомуникационих технологија.

Оперативни центар је потребно изградити на локацији постојећег терминала „Центар“, као што је показано шрафираном површином на слици 4.



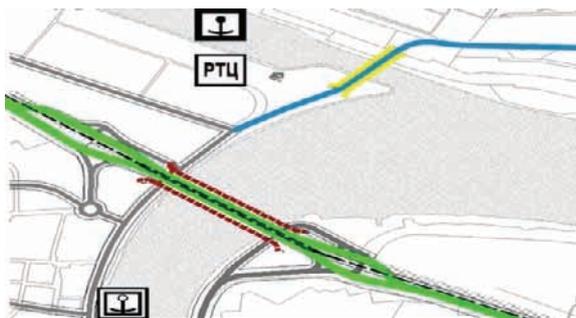
Слика 4. Локација оперативног центра ЈМПП-а

Размена података између потенцијалних корисника и система јавног превоза се остварује:

- На стајалишту возила ЈГСП-а
- Путем екстерних дисплеја ЈГСП-а и
- Употребом комуникационих уређаја

### 3.1.7. Грађевински радови, виши ниво

Одржавање високог нивоа развоја се такође остварује изградњом нове путне мреже и објеката који постижу ефикасније функционисање ЈМПП-а. Изградњом саобраћајнице од раскрснице Булевар ЈашеТомића и Кисачке улице, па до раскрснице Венизелисова и Темеринска улица, и изградњом новог Жежељевог моста (слика 5), растеретила би се Варадинска дуга, која је свој капацитет достигла 2006. године [8].



Слика 5. Нови мостови у ГП Новог Сада до 2021.год.

## 3.2. Прва фаза

Прва фаза је период од пуштања у промет трамваја до доградње нове трамвајске пруге. У овој фази се трасе линија број: 52, 53, 54, 55 и 56, скраћују до „Запад-а“.

Истраживањима у [9] и анализом варијанти 2030 у [1] предложена је мрежа линија прве фазе система ЈМПП.

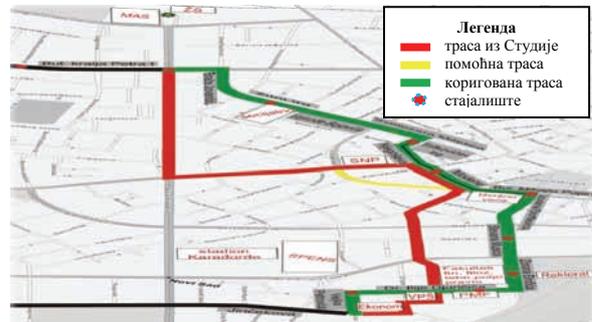
### 3.2.1. Анализа трамвајске инфраструктуре Студије

Анализом варијанте 2 у [1], уочено је стајалиште на раскрсници Сомборски булевар и Футошки пут. Због обима измене путника које остварује, исто је изабрано за локацију терминала Запад и његовог П+Р паркинга.

Како би смањили нулти километри у првој и другој фази развоја, предложено је задржавање трамвајске трасе дуж Бул. кнеза Милоша и Сомборског булеvara.

### 3.2.2. Приступ креирању мреже линија прве фазе на основу постојеће инфраструктуре

Како у планском погледу постоје извесна ограничења на раскрсници Булевар Ослобођења и Јеврејска улица, јер је иста планирана да буде денivelисана, предложена је корекција трасе, приказана на слици 6.



Слика 6. Траса из [1] и коригована траса кроз центар

### 3.2.3. Трамвајска инфраструктура у првој фази

Трамвајска инфраструктура у првој фази развоја ће имати пругу кружног типа, са једним краком према трам терминалу „Жел. станица Нови Сад“ (слика 7).

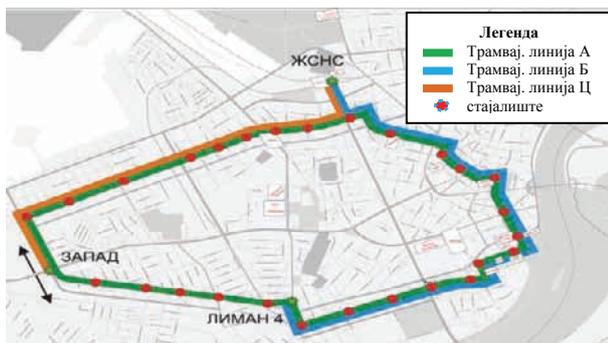


Слика 7. Трамвајска инфраструктура прве фазе

Трамвајске трасе ка терминалима „Петроварадин“ и „Мишелук“, условљене су изградњом моста на траси бишег моста Франца Јозефа, и изградњом поменуте денivelисане раскрснице на Булевару Ослобођења.

### 3.2.4. Варијанте и вредновање мреже линија прве фазе

Основу варијанти мреже градских линија прве фазе, чиниле су три линије трамваја, приказане на слици 8.



Слика 8. Три трамвајске линије прве фазе

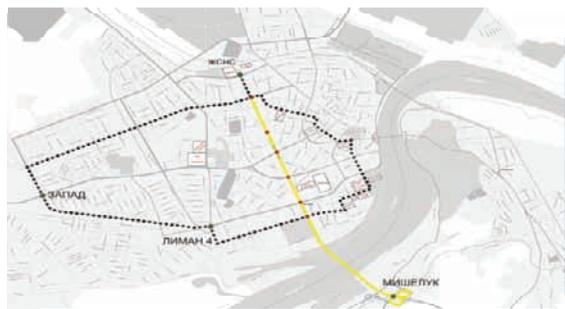
Поред трамвајских линија А, Б и Ц, у вредновању мреже линија прве фазе, анализирани су две варијанте аутобуских линија, прва преузета [1] а друга приказана на слици 9. Варијанта 2 је имала мање преседача, и 17 сати мање време транспорта у односу на варијанту 1, па је иста одабрана за мрежу линија прве фазе.



Слика 9. Мрежа линија\_варијанта 2, прва фаза

### 3.3. Друга фаза

Друга фаза представља доградњу прве фазе, тако што се дограђује трамвајска пруга дуж Бул. ослобођења, као што је приказано на слици 10. У овој фази развоја изграђен је терминал „Мишелук“, као и П+Р паркинг.



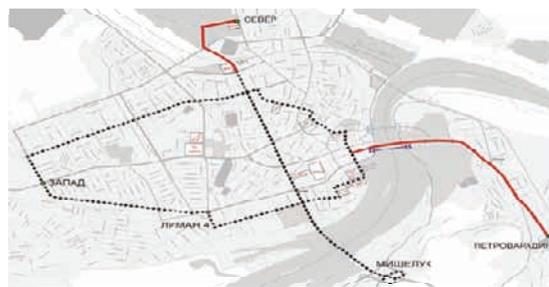
Слика 10. Трамвајска инфраструктура у другој фази

### 3.4. Трећа фаза

Изградњом моста на траси бившег моста Франца Јозефа, као и пробијањем тунела кроз железничку станицу, омогућена је реализација треће фазе развоја. Тресе дограђене пруге приказане су на слици 11.

Терминали „Петроварадин“ и „Север“, као и њихови П+Р паркинзи, изграђени су у овој фази. У истој фази је изграђен и П+Р паркинг код терминала „Лиман 4“

На слици завршне фазе, приказана је и комуникација између Новог Сада и Петроварадинске тврђаве, употребом жичаре са великом кабином.



Слика 11. Трамвајска инфраструктура треће фазе

## 4. ЗАКЉУЧАК

Развој јавног превоза путника у Новом Саду неопходан је у што већем обиму, што се постиже подизањем квалитета услуге превоза. Овим радом су дефинисане мере које би јавни превоз што више популаризовале, те би тиме овај вид транспорта постао конкуренција аутомобилу, како у садашњости, тако и у будућности.

## 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Јевђенић, А., и други. „Иновација студије увођења електричних видова превоза путника у граду Новом Саду“, ЈП „Урбанизам“, Нови Сад, 2011.
- [2] Аноним. „Карактеристике рада аутобуске станице у Новом Саду“(бројање је извршено у четвртак, 20.05.2010), ФТН, Нови Сад, 2010.
- [3] Јовановић, Д. , „Идентификација и класификација опасних места ( „црних тачака“ ) на територији града Новог Сада, ФТН, Нови Сад, 2011.
- [4] Узелац, Ђ. , „Основи путева и градских саобраћајница“, ФТН, Нови Сад, 1999.
- [5] Аноним. „Стратегију развоја широкопојасног приступа у Републици Србији до 2012. Године“ Службени гласник РС бр. 55/05, 101/07 и 65/08
- [6] <http://sr.wikipedia.org/wiki/WiMAX> (Јан. 28, 2012)
- [7] [www.motorola.com/wimax](http://www.motorola.com/wimax) (Јан. 28, 2012)
- [8] Јевђенић, А., и други. „Саобраћајна студија града Новог Сада са динамиком уређења саобраћаја – Нострам- књига основна“, ЈП „Урбанизам“ завод за урбанизам, Нови Сад, 2009.
- [9] Јевђенић, А., и други. „План детаљне регулације моста на траси бившег моста Франц Јозефа у Новом Саду“ ЈП „Урбанизам“, Нови Сад, 2010.
- [10] Симеуновић, М., и други. „Системско-генерално бројање путника и анкета путника у јавном градском и приградском превозу путника на подручју Новог Сада-сводни извештај-књига 1“, ФТН, Нови Сад, 2011.

### Кратка биографија:



**Ненад Јаворина**, рођен је у Зрењанину 1985. године, где је и завршио средњу техничку школу. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Саобраћаја, одбранио је 2012. године.



**Миломир Веселиновић**, рођен је у Ариљу 1945. године. Докторирао је на Саобраћајном факултету у Београду 1997.године, а од 1991. године запослен је на Факултету техничких наука у Новом Саду, као ванредан професор.

**PRIMENA FRANŠIZINGA U REINŽENJERINGU POŠTANSKE MREŽE U OPŠTINI IRIG****THE APPLICATION OF FRANCHISING IN REENGINEERING OF POSTAL NETWORK IN THE MUNICIPALITY OF IRIG**

Igor Horvat, Momčilo Kujačić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast - SAOBRAĆAJ**

**Kratik sadržaj** – U ovom radu prikazan je franšizing i opisana je primena franšizing koncepta na poštanski saobraćaj. Izvršen je reinženjering maloprodajne poštanske mreže na teritoriji Opštine Irig. Analiza je pored anketiranja, ispitivanja na terenu rađena i pomoću programskog paketa MapInfo Professional 10. Urađena kompletna analiza svakog naseljenog mesta u opštini i dat je primer otvaranja novih pošta i davanje postojećih pod franšizu a sve to u cilju smanjenja troškova i povećanja profitabilnost Pošte Srbije.

**Abstract:** In this paper the illustration of franchise is given and the application of franchising concept to the postal services is described. Reengineering of retail postal network is executed in the municipality of Irig. Questionnaire, survey and usage of the software package MapInfo Professional 10 are included in analysis. In order to reduce costs and increase profitability of Serbian post a complete analysis of every settlement in the municipality is performed and an example of creating new post offices is provided as well as an example of giving franchise to the existing post offices.

**Ključne reči:** *Franšizing, reinženjering, MapInfo.*

**1. UVOD**

Prvi tragovi franšizinga mogu se naći u srednjevekovnoj Evropi, ali njegov današnji izgled formulisan je u SAD-u, gde i doživljava svoju ekspanziju, može se reći, da je franšizing nastao kao rezultat zahteva i mobilnosti savremenog, a posebno američkog potrošača, koji je na svojim putovanjima tražio poznate nazive i standardizovanu uslugu.

Ovaj koncept poslovanja je privlačan zbog olakšanog ulaska preduzetnika u posao, koji se u ovaj razrađen sistem brzo uklapa uz veliku podršku davaoca franšize. Njihov odnos karakteriše međusobna uslovljenost, gde davalac franšize prenosi svoj proveren način poslovanja primaocu franšize.

U franšiznom poslovanju nema ograničenja rasta, jer kako se mreža širi, ime postaje prepoznatljivo i to povećava prodaju a davalac franšize naba-vlja robu za celi lanac u velikim količinama i po povoljnijim cenama i na taj način istiskuje konkurenciju.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof dr Momčilo Kujačić**

Poštanski saobraćaj jeste jedna grana u kojoj se franšizing razvija i zauzima sve veću ulogu. Zadatak Pošte je da svakom korisniku obezbedi iste uslove za korišćenje njenih usluga, pa čak i po cenu troškova koji prevazilaze njene prihode. Pomoću franšizing koncepta ove troškove je moguće umanjiti i omogućiti Pošti da svoje usluge pruži svima i da pri tome posluje pozitivno. Ovaj problem je naročito izražen u ruralnim područjima gde je mali broj stanovnika a samim tim i manja potreba za poštanskim uslugama.

**2. FRANŠIZING**

Reč „franšizing” potiče od engleske reči „franchising” a ona, opet, od stare francuske reči „franchise” koja označava povlasticu, pravo, slobodu ili privilegiju. Ekonomska i pravna teorija odustale su od pokušaja prevodenja naziva ovog ugovora, pošto bi to dovelo do mnogih nedoumica. Ova praksa je prihvaćena i u našoj zemlji. Neprevodenje termina „franšizing” može se objasniti i činjenicom da ovaj pojam nije regulisan izvorima prava ni u jednoj evropskoj zemlji pa se tako zadržava izvorni naziv. [1]

Franšizing predstavlja oblik poslovnog povezivanja radi minimiziranja poslovnog rizika. Korisnik franšize, ulazeći u mrežu postojećih poslovnih jedinica koje posluju po istom modelu smanjuje rizik koristeći sledeće prednosti: mogućnost brzog ulaska u posao, razrađena tehnologija posla, rešeno pitanje licence, osvojeno tržište, odgovarajuća robna ili trgovačka marka, ugled, zajednički marketing, standardizovani kvalitet. Jedinstveni model izbora i obuke kadrova, pomoć u menadžmentu, kontrola i razvoj od strane davaoca franšize, samostalno odlučivanje o profitu - nakon usmeravanja ugovorenog dela ukupnog prihoda na račun davaoca franšize kao nadoknadu za korišćenje poslovnog modela.

Davalac (prodavac) franšize smanjuje svoj rizik jačanja konkurencije i zauzimanje tržišta za koje on samostalno nema snage, prodaje svoju pamet (model organizovanja, know-how) i obezbeđuje smanjenje jediničnih fiksnih troškova nastalih ulaganjem u vlasništvo ideje o poslu.

Postoje brojne definicije franšizinga, koje se mogu razlikovati samo u smislu ekonomskog, pravno marketinškog ili nekog drugog pristupa fenomenu. Značajne razlike postoje kada se sa opštih definicija ide na definisanje tipova franšizinga. U stranoj i domaćoj literaturi prisutna su brojna tumačenja i definicije franšizinga, ali izdvojicemo samo neke od njih.

U engleskom jeziku, davalac franšizinga zove se „franchisor”, a u našem jeziku je u upotrebi nekoliko termina: franšizor, franšizer, franšizant, davalac franšize

ili davalac franšizinga. Pravno ili fizičko lice kome je ustupljen franšizing, u engleskom jeziku se označava kao „franchisee“, dok se kod nas koristi franšizator, franšizat ili primalac franšizinga, što je možda i najadekvatnije za izbegavanje zabune.

Evropska franšizing federacija ga određuje na sledeći način: „Franšizing je sistem komercijalizacije proizvoda i/ili usluge i/ili tehnologije, koji se zasniva na bliskoj i kontinuiranoj saradnji preduzeća, pravno i finansijski posebnih i nezavisnih, franšizanata i njegovih franšizata, pri čemu franšizant odobrava svojim franšizatima pravo i nameće obavezu da vode preduzeće u saglasnosti sa konceptom franšizanta. Tako ustupljeno pravo, ovlašćuje i obavezuje franšizata, u zamenu za direktnu ili indirektnu finansijsku nadoknadu, da koristi obeležje i/ili marku proizvoda i/ili usluge, znanja (know-how) i druga prava intelektualne svojine, potpomognut kontinuiranim obezbeđivanjem komercijalne i/ili tehničke pomoći u okviru i za vreme trajanja pisanog ugovora o franšizingu, zaključenog između stranaka u tom cilju“ [2].

Carls Von, prvi univerzitetski profesor franšizinga daje sledeću definiciju: „Franšizing, kao što je opšte poznato danas, jeste oblik marketinga ili distribucije u kojem matično preduzeće uobičajeno daje pojedincu ili malom preduzeću pravo, ili privilegiju, da posluje na propisani način za određeni period vremena na specifičnom mestu. Privilegija može biti raznolika. Može biti pravo da se prodaje proizvod matičnog preduzeća; da se usvoje njegovi metodi; da se koriste njegovi simboli, trgovinske marke, arhitektura, ili franšiza može sadržati sva ova prava“ [2].

Na osnovu navedenih definicija može se izvući neka opšta slika i pojam franšiza se prikazati na sledeći način. Franšizno poslovanje je sistem trgovanja dobrima i/ili uslugama i/ili tehnologijom, koje se bazira na bliskoj i stalnoj saradnji legalno i finansijski samostalnih kompanija vlasnika franšize i njegovih pojedinačnih korisnika franšize, gde vlasnik garantuje svojim korisnicima pravo i uzima na sebe obavezu da će voditi posao u skladu s konceptom franšize. Franšiza se pojavljuje kada kompanija ustupa pravo na svoje trgovačko ime i svoj način rada poslovanja određenoj osobi koji se slaže da će poslovati u skladu sa uslovima ugovora o franšizi. Davalac franšize osigurava korisniku franšize podršku i ima određenu kontrolu nad načinom poslovanja korisnika franšize. Za uzvrat, korisnik franšize plaća davaocu franšize početnu, odnosno franšiznu naknadu i naknadu za poslovanje (royalty) za korišćenje zaštićenog imena i načina poslovanja.

### 3. FRANŠIZING U SRBIJI

#### 3.1. Mogućnost za razvoj franšizinga u Srbiji

Postoje brojne predispozicije za razvoj franšizinga u Srbiji:

- relativno veliko tržište u Evropi
- rastuća potrošačka moć
- na ceni su proizvodi sa zapada
- zakoni rađeni po uzoru na zakone EU
- nema ograničenja ulaska američkih franšiza

Međutim, u toku sprovođenja procesa otvaranja ekonomije prema svetu i procesa privatizacije na površinu su isplivali brojni problemi. Deficit u spoljno-trgovinskom

bilansu je veliki kao posledica ogromnog uvoza dobara i nedovoljno kvalitetnih proizvoda za izvoz. Preduzeća su potpuno nespremna dočekala konkurenciju sa zastarelom tehnologijom i viškom zaposlenih.

Franšizing kao strategija poslovanja preduzeća može dati svoj doprinos za rešavanje tih problema, pre svega u procesu privatizacije i u smanjenju broja nezaposlenih.[3]

Franšizing se u Srbiji prvi put javlja 1965. godine kada, pod uticajem privredne reforme dolazi do uvoza američkih franšiza.

Dosadašnja iskustva Srbije sa franšizingom mogu se objasniti kroz sledeće faze:

- uvoz franšiza drugih zemalja,
- stvaranje domaćih sistema franšizinga i
- izvoz domaćih franšiza.

Trenutno se naša zemlja nalazi u drugoj fazi stvaranja domaćih izvora i davalaca franšizinga.

#### 3.2. Značaj primene franšizinga u JP PTT saobraćaja „Srbija“

Osnovna ideja kod uvođenja franšizinga u poštanski saobraćaj jeste reinženjering maloprodajne mreže. Treba razumeti značaj primene franšiznog sistema poslovanja u poštanski saobraćaj što podrazumeva i implementaciju franšizinga u strategiju razvoja JP PTT saobraćaja „Srbija“. Najveća komparativna prednost pošte jeste poštanska mreža, koja se sastoji od oko 1500 pošta, 140 ugovornih pošta, 4000 šaltera širom Srbije. Ovom broju treba dodati i 5000 kovčežića i 5000 rejona poštonoša. Poštanski sistem je veoma kompleksan i složen, ali sa ekonomskog aspekta je veoma skup za održavanje, veliki generator troškova i nedovoljno fleksibilan. Poslovni rashodi su, u većini poštanskih jedinica, veći od poslovnih prihoda. Najveći broj ovih pošta je u ruralnim područjima. Oko 30% pošta posluje rentabilno. Poštu je potrebno restruktuirati, pripremiti je za prevlast na tržištu. Primenom franšiznog sistema poslovanja, poslovanje pošte može postati rentabilnije nego što je sada, a to će podići poslovanje na jedan viši nivo.

Cilj sklapanja ugovora o franšizingu sa maloprodajnim i sličnim objektima jeste maksimalno širenje poštanske mreže da bi se povećala dostupnost korisnicima i obezbedio bolji servis, ali bez dodatnih troškova. U ovom slučaju svi bi imali korist. Pošta Srbije kao davalac franšizinga ostvaruje korist tako što vrši disperziju troškova i sa malim sredstvima širi tržišta. Korisnik, primalac franšize, takođe ima korist zato što ne mora da ima pokušaje na tržištu i da pravi greške na istom jer uzima već uhodan sistem poslovanja.

### 4. MODEL FRANŠIZINGA

Model franšizinga se sastoji od nekoliko stavki koje su bitne svaka na svoj način i međusobno povezane. Jedno od tih stavki jesu: - *Strateški plan franšizinga* proizilazi iz korporativne strategije preduzeća i kao takav veoma je značajan deo modela reinženjeringa distributivnih maloprodajnih mreža.

U strateškom planu potrebno je grubo definisati i redosled aktivnosti sa okvirnim vremenskim planom implementacije. Odobrenjem korporativnog menadžmenta stvaraju se uslovi za uvođenje franšizinga kao veoma važnog segmenta reinženjeringa distributivne malopro-

dajne mreže; - *Prilagođenje organizacione strukture* je aktivnost procesa je ključna za uspeh koncepta. U okviru projektnih aktivnosti reinženjeringa mogu se napraviti najbolji mogući planovi, ali posle zvaničnog završetka projekta delatna je organizaciona celina sa velikim ovlašćenjima koja će definisane procedure implementirati; - *Definisanje ugovora o franšizingu* koji predstavlja pravni akt koji definiše ugovorne obaveze između davaoca franšize i primaoca franšize; - *Dizajn i i imidž maloprodajnog punkta* je stavka kojoj takođe treba posvetiti pažnju jer prepoznatljiva i jedinstvena dizajnerska rešenja su jedna od glavnih odlika korporativnog brenda koji je potrebno negovati i za koji se korisnici vezuju; - *Operativni priručnik za obuku radnika primaoca franšize* je veoma važna aktivnost u procesu implementacije franšizinga kao alata reinženjeringa maloprodajnih mreža jer će pomoću njega novi maloprodajni punkt moći brzo da se uklopi i počne sa ispravnim radom. Glavni cilj operativnog priručnika je izrada jedinstvenog radnog uputstva za primaoca franšize sa jedne strane i objedinjavanje celokupnog tehnološkog i neophodnih pozadinskih procesa na jednom mestu. U stavke koje čine model franšizinga takođe se ubrajaju i obuka radnika, logističke procedur, analiza tržišta i proces prodaje

## **5. PRIMENA FRANŠIZINGA NA REORGANIZACIJI POŠTANSKE MREŽE JP PTT SAOBRAĆAJA „SRBIJA“**

Nakon sagledavanja poštanske mreže pristupa se podeli željenog područja i određivanje tržišnih zona koje će nam pokazati gde i kako treba da poslujemo. Glavna namena franšizinga jeste reinženjering maloprodajne mreže. A da bismo uradili reinženjering mreže potrebno je dati odgovore na nekoliko veoma bitnih pitanja:

- Koji su regioni ciljana tržišta?
- Koliko maloprodajnih punktova treba opslužiti na izabranom ili željenom tržištu?
- Gde locirati svaki maloprodajni punkt?
- Koji miks proizvoda i usluga je optimalan za određeni maloprodajni punkt?

Odgovore na ova pitanja ćemo potražiti kroz niz zadataka u koje spadaju: procena broja korisnika na svakoj mogućoj lokaciji, formiranje vektorizovanih mapa područja, dekompozicije tržišta do nivoa tržišnih zona, analiza poslovanja postojećih maloprodajnih punktova, analiza lokacija snimanjem na terenu i analiza lokacija pomoću GIS-a, analiza tržišnog potencijala zone. [4]

### **5.3. Primena modela franšizinga u reinženjeringu maloprodajne mreže u opštini Irig**

Analiza područja će pokazati u kojim naseljima je najbolje primeniti franšizing i otvoriti nove jedinice poštanske mreže, kao i približno tačne lokacije na kojima bi se ove jedinice mogle nalaziti. Jedna od bitnih stavki o kojima treba obratiti pažnju jeste da li na određenoj lokaciji u naselju postoji neki maloprodajni objekat ili poslovni prostor u kojem bi mogla da se otvori jedinica poštanske mreže.

Upotrebom GIS-a određene su tržišne zone i približne lokacije na kojima je potrebna pošta. Za potrebe GIS-a korišćeni su podaci vezani za broj stanovnika na određenoj lokaciji, broj korisnika javnih ustanova, firmi koje

posluju na ovom području i intenzitet na tri navažnije saobraćajnice.

Prvo naselje koje je analizirano jeste i najveće naselje u Opštini. Zbog veoma dobrog položaja, jer se nalazi u samom centru Iriga, nedaleko od magistralnog puta M-21, u ovoj pošti se javlja velika potreba za poštanskim uslugama i gubici su znatno manji od ostvarenog prihoda pa je sa strane ekonomske isplativosti potpuno opravdano postojanje ove jedinice. Pošta 22406 Irig se nalazi veoma blizu opštinske zgrade u kojoj se pored kancelarija predsednika, nalazi i matičar, nacionalna služba za zapošljavanje, katastar, kao i druge kancelarije vezane za funkcionisanje jedne opštine. U neposrednoj brzini nalazi se i gradska kafana, dom zdravlja zgrada socijalnog te sve ove ustanove čine lokaciju na kojoj se kreće veliki broj ljudi i na kojoj je potrebno da se nalazi pošta. Otvaranje pošte pod franšizom donosi određene prednosti i nedostatke.

Banja Vrdnik je turističko mesto koje tokom godine poseti veliki broj turista koji su ujedno i korisnici poštanskih usluga na koje treba obratiti pažnju. Pošta 22408 Vrdnik posluje na „pozitivnoj nuli“ a u zavisnosti od nekih činilaca među kojima je i broj turista zavisi da li će poslovanje biti pozitivno ili negativno. Opravdanost za njeno postojanje ogleđa se pre svega u broju stanovnika na ovom području koji je oko 3200 i zajedno sa turistima koji pristižu ovamo predstavljaju atraktivno područje za jedinice poštanske mreže. Postojeća pošta pokriva veliki deo Vrdnika i nalazi se na dobroj lokaciji gde dolazi do veće koncentracije ljudi, ali pored ove upotrebom GIS-a izdvaja se još jedna lokacija u blizini hotela Termal i upravo ta lokacija bi se mogla ponuditi za otvaranje jedinice pod franšizom. Pored hotela Termal nalazi se otvoreni i zatvoreni bazen, novi hotel, ovde se nalazi i odmaralište kao i veliki broj apartmana. Kada ucrtao minutne zone oko pošte 22408 vidimo da upravo ovaj deo naselja spada u zonu u kojoj je potrebno više od 20 minuta da se dođe do pošte. Otvaranjem nove pošte došlo bi do manjeg preklapanja minutnih zona, ali bi nova pošta obezbedila kraći dolazak do pošte gostima hotela kao i stanovnika kojih ima oko 1000 na ovom području. Sve te informacije pokazuju jasnu obavezu Pošte Srbije da priđu svojim korisnicima i ponude im svoje usluge na dohvata ruke. Franšizing paket se pre svega može ponuditi hotelima ali i drugim zainteresovanim licima koji u ovoj okolini imaju svoje maloprodajne objekte.

Na Irškom vencu je nekada postojala jedinica za pružanje poštanskih usluga 22407 i ona je pokrivala manje naselje koje se nalazi u njenom okruženju, ali zbog konstantnih troškova i velikih gubitaka koje je ova pošta pravila ista je zatvorena. Pošta 22407 se nalazila u istoj zgradi u kojoj se nalazi benzinska stanica pa bi se franšiza mogla ponuditi toj benzinskoj stanici. Razlog za postojanje ove jedinice jeste njen vrlo povoljan položaj jer se nalazi na magistralnom putu M-21 čiji je potencijal već opisan, takođe ova jedinica bi pokrivala i naselje koje se nalazi u neposrednoj blizini kao i vikend naselje koje se prostire južno prema Irigu. U blizini ove jedinice nalazi se i planinarski dom, hotel, tri restorana kao i dve prodavnice. Pored starog poslovnog prostora postoji još jedan objekat koji može da se iskoristi za potrebe otvaranja nove pošte. Većina navedenih objekata su otvoreni nakon zatvaranja pošte koja je tu postojala i oni predstavljaju mesta na kojima dolazi do

koncentracije ljudi. Baš zbog promena na ovoj lokaciji ponovno otvaranje jedinice bi moglo da privuče nove korisnike. Radno vreme pošte koja je nekada postojala na ovom mestu bilo je do 14h a davanjem pod franšizu njeno radno vreme bi se moglo produžiti do 20 časova. Na ovoj lokaciji tokom zimskog perioda veliki broj stanovnika okolnih gradova Novi Sad, Ruma i drugi sakupljaju se porodice koje dovode decu na sankanje a takođe ova lokacija je popularno šetalište.

5.3.1. Prikaz paketa franšizinga koji bi se primenio Ugovor o primanju franšize bi se potpisivao na 5 godina sa mogućnošću obnove. Primalac franšize mora da ima bankarske garancije da će plaćati ugovorne obaveze. Pošta ima mogućnost za raskidanje ugovora o franšizi ako primalac franšize ne poštuje propisane standarde.

Pošta će obezbediti sve potrebne obuke, informacije o proizvodima i pružace potporu i podršku svim korisnicima franšize tokom čitavog perioda ugovora. Pošta će primaocima franšize obezbeđivati i marketinšku podršku koja će se ogledati u reklamiranju i dostavljanje potrebnih postera i flajera. Takođe će omogućiti integraciju svake jedinice u računarsku mrežu JP PTT saobraćaja „Srbija”. Sav nameštaj, reklamne table, računare i sve ostalo što je potrebno za opremanje jedinice i njeno osposobljavanje za poslovanje obaviće se od strane Pošte ali je korisnik obavezan da vodi računa o čitavom inventaru i da ga po isteku ugovora vrati u propisanom stanju. Svaka jedinica pod franšizom mora da obavlja usluge koje su obavezne a u njih spadaju usluge prijema pošiljaka u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju, prijem paketa i vrednosnih pošiljaka u unutrašnjem saobraćaju, prijem telegrama u unutrašnjem saobraćaju, uplate i isplate uputnica, isplate penzija, materijalnih, socijalnih i drugih davanja, a ostale usluge mogu da se obavljaju u zavisnosti od odluke primaoca franšize. Primalac franšize je obavezan da plaća troškove komunalija kao i troškove obezbeđenja robe, troškove sudskih i administrativnih taksi, poreza, amortizacije opreme, troškove telefona. Pošta snosi troškove transporta pošiljaka.

Naknada za ustupanje franšize će se naplaćivati na nekoliko načina a sastoji se od jednokratne pristupne takse i od godišnje naknade. Kada se uspešno izvrši popunjavanje i dostavljanje dokumentacije zajedno sa svim obračunima, u roku od sedam dana vrši se isplata primaocu franšize. Podela prihoda se svodi na osnovu procenta koji je unapred određen.

## 6. ZAKLJUČAK

Poštanski saobraćaj je oblast koja se neprekidno razvija, širi, menja. Iz godine u godinu se uvode neke novine, nove usluge, novi načini poslovanja. Pošta Srbije kao javni operater jedne zemlje nekada je imala primat i jedino ona se mogla baviti poštanskim saobraćajem. Kako su se vremena menjala Srbija je pokušava da bude u koraku sa drugim zemljama i prilagođavala svoje standarde njihovim i tako je počelo postepeno uvođenje konkurencije, i gubljenje rezervisanih delatnosti odnosno dolazilo je do liberalizacije tržišta.

Svakim danom povećavao se broj firmi koje su se bavile prenosom pošiljaka i njima je davan sve veći broj usluga a Pošti Srbije je smanjivan rezervisan saobraćaj.

Trenutno je u Srbiji za Poštu Srbije rezervisan samo prenos pošiljaka do 100 grama, ali vremenom kada liberalizacija počne da se primenjuje u potpunosti svaki poštanski operater imaće pravo prenosa svih vrsta pošiljaka i tada će svaki poštanski operater biti ravnopravna konkurencija javnom poštanskom operateru.

Ovo ujedno znači i da će korisnici moći da biraju preko koga će obavljati svoje poštanske usluge. U poslednje vreme Pošta Srbije smišlja razne načine da doskoči konkurenciji i da ipak zadrži ulogu glavnog poštanskog operatera i sačuva korisnike.

Jedan od tih načina kojem pošta treba da se okrene jeste i franšizing poslovanje. Ovim poslovanjem Pošta Srbije ima mogućnost da još više priđe svojim korisnicima i da im omogući lagodno korišćenje poštanskih usluga.

Otvaranje pošta pod franšizom u supermarketima i tržnim centrima je jedan od odličnih načina da poštanske usluge dođu veoma blizu korisnika. U Opštini Irig trenutno ne postoji ni jedan tržni centar kao ni veći supermarket, ali ukoliko u budućnosti bude otvoren neki objekat ovakvog tipa na ovom području Pošta bi trebalo da obrati pažnju i u tom objektu potraži svoje mesto.

Kako u Opštini Irig postoje samo dve banke Pošta na polju novčanih usluga nema veliku konkurenciju pa treba da učvrsti svoju poziciju i uvuče se u navike stanovnika da koriste poštu za novčane usluge.

## 7. LITERATURA

- [1] Kandić V., „Franšizing kao marketing strategija preduzeća“, Magistarski rad, Ekonomski fakultet Beograd, 1990.
- [2] Parivodic M., „Pravo međunarodnog franšizinga”, JP “Službeni glasnik”, Beograd 2003.
- [3] Stevanović R., „Mogućnosti primene franšizinga u privredi Srbije”, Nova trgovina, Beograd 2001,
- [4] Nikola B. Trubint „Prilog strategiji reinženjeringa maloprodajnog segmenta poštanskog poslovanja”, Doktorska disertacija, Beograd 2007.

### Kratka biografija:



**Igor Horvat** rođen u Novom Sadu 1987. god. Diplomski-master rad odbranio je 2013. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj – Poštanski saobraćaj i telekomunikacije.

**PRORAČUN EKSTERNIH TROŠKOVA SAOBRAĆAJA I INTERNALIZACIJA U  
FUNKCIJI UPRAVLJANJA POTRAŽNJOM ZA PUTOVANJIMA****CALCULATION OF EXTERNAL COSTS OF TRANSPORT AND INTERNALISATION IN  
THE AIM OF TRAVEL DEMAND MANAGEMENT**

Petar Opačić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je prikazana analiza negativnih efekata razvoja saobraćaja u gradovima i mogućnost upravljanja potražnjom za putovanjima primenom mera internalizacije kao što je uvođenje takse za zagušenje. Urađen je i proračun pojedinih komponenti eksternih troškova putovanja u Novom Sadu u periodu jutarnjeg vršnog opterećenja, kao osnove buduće internalizacije i smanjenja negativnih efekata povećanja zavisnosti od korišćenja automobila.

**Ključne reči:** *Potražnja, zagušenja, taksa, putovanja, eksterni troškovi*

**Abstract** – *This paper presents analysis of negative effects of urban traffic development and possibilities of travel demand management through measures of internalisation, such as congestion pricing. Also, calculation of some components of external costs of travel in Novi Sad in morning peak hour period was made, as basis for future internalisation and decrease of negative effects of increasing car usage dependancy*

**Key words:** *Demand, congestion, tax, travel, external costs*

**1. UVOD**

Infrastrukturni sistemi gradova (saobraćajna ponuda) trenutno, a i ubuduće, ne mogu da prate porast zahteva za kretanjem, odnosno saobraćajnom potražnjom. Dosadašnje planerske tendencije i saobraćajna politika kako u svetu tako i kod nas su rešenje ovog problema pre svega nalazile u povećanju kapaciteta ulične mreže sa sve intenzivnijim zahtevima za kretanjem putničkim automobilom. Imajući u vidu prostornu ograničenost gradova i ograničene mogućnosti za izgradnju saobraćajnica sve više pažnje se usmerava na bolje iskorišćenje postojećih elemenata saobraćajne ponude.

Oblast koja se bavi problematikom smanjivanja zavisnosti od korišćenja putničkog automobila naziva se upravljanje saobraćajnom potražnjom.

Upravljanje saobraćajnom potražnjom podrazumeva strategije razvoja saobraćajnog sistema koje obuhvataju sve oblasti saobraćaja, kako bi se postiglo povećanje iskorišćenja saobraćajnog sistema, izbegavajući ogromna ulaganja u infrastrukturu.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Valentina Basarić, docent.**

**2. STVARANJE EVROPSKOG SAOBRAĆAJNOG  
SISTEMA BUDUĆNOSTI**

Saobraćaj je od vitalnog značaja za ekonomiju i društvo, a mobilnost je od izuzetnog značaja za tržište i ukupni kvalitet života građana. Takođe, saobraćaj omogućuje ekonomski rast i stvaranje novih radnih mesta, pa prema tome saobraćajni sistem mora biti održiv kako bi mogao da se suoči sa izazovima koji slede.

Osnovno pitanje je kako udovoljiti potrebama građana za kretanjem i potrebama ekonomije za transportom materijalnih dobara uz ograničenja u resursima i stanju životne sredine. Saobraćajni sistemi istočnih i zapadnih zemalja moraju se uskladiti kako bi odgovorili potrebama stanovnika Evropske Unije (EU).

**3 UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJNOM  
POTRAŽNJOM**

Upravljanje saobraćajnom potražnjom je opšti termin za strategije koje povećavaju ukupnu efikasnost sistema ohrabrujući prelazak sa putovanja individualnim putničkim vozilima na putovanja javnim prevozom i nemotorizovanim vidovima prevoza, posebno u periodima vršnih saobraćajnih opterećenja kada su i problemi saobraćajnih zagušenja najveći

**3.1. Projekat Konsult**

Projekat je pokrenut od strane Evropske komisije i Ministarstva za saobraćaj Velike Britanije i sadrži instrumente koji mogu da se primene u lokalnim sredinama radi stvaranja održivog i efikasnog saobraćajnog sistema.

Kategorije instrumenata prema ovoj studiji podeljene su u nekoliko grupa [1]:

- Mere u oblasti politike korišćenja zemljištem Izgradnja infrastrukture
- Upravljanje infrastrukturom
- Informacije za korisnike saobraćajnog sistema
- Sistemi naplate u saobraćaju

**3.2. Upravljanje saobraćajnom potražnjom  
uvođenjem takse za zagušenje**

Zagušenja nastaju kada se saobraćajno opterećenje približi ili prevaziđe dostupni kapacitet saobraćajnog sistema. Primena takse za zagušenje obeshrabruje preterano korišćenje saobraćajnica kroz motivaciju i navođenje korisnika na korišćenje drugih vidova prevoza poput javnog prevoza, bicikla, pešačkih putovanja.

### 3.3. Druge mere upravljanja saobraćajnom potražnjom

Najveću efikasnost pokazala je primena sledećih mera:

1. Upravljanje parkiranjem
2. Strategije za povećanje broja lica koja koriste javni prevoz i zajedničko korišćenje automobila
3. Saobraćajno efikasan razvoj-mešovite zone stanovanja
4. Strategije upravljanja saobraćajnom potražnjom namenjene zaposlenima

## 4. EKSTERNI TROŠKOVI I NJIHOVA INTERNALIZACIJA

Korisnici saobraćajnog sistema najčešće ne uzimaju u obzir negativne eksterne efekte saobraćaja pri donošenju odluka o načinu prevoza (zagušenja, buka, zagađenje) Internalizacija eksternih troškova podrazumeva uključivanje eksternih efekata pri odluci korisnika o izboru načina prevoza i može se izvesti direktno kroz regulativne mere ili indirektno preko podsticaja korisnicima, uglavnom pomoću tržišnih mera kao na primer naplata taksi i sl.

### 4.1. Definisane eksternih troškova

Kako bi se eksterni troškovi pravilno definisali moramo razlikovati:

- Društvene troškove koji nastaju usled izgradnje i eksploatacije infrastrukture, kao što su održavanje, saobraćajne nezgode, zagušenja i sl.
- Lične ili interne troškove koji se odnose direktno na korisnike, kao što su na primer korišćenje vozila, vreme, takse i sl.

Eksterni troškovi određuju razliku između ličnih i društvenih troškova

### 4.2. Opseg eksternih troškova i nivo eksternalija

Kako bi se pravilno definisao nivo eksternalija za komponente troškova moraju se uzeti u obzir neki od aspekata:

- Deo troškova zagušenja je plaćen čekanjem, a troškovi zagušenja nametnuti ostalim korisnicima nisu
- Deo troškova saobraćajnih nezgoda je plaćen od strane osiguranja, dok druge delove plaćaju sama lica koja su učestvovala u nezgodi
- Delovi troškova zagađenja se mogu smatrati „plaćenim“ kroz različite takse koje se plaćaju u svakodnevnom životu

### 4.3. Troškovi saobraćajnih zagušenja i manjka infrastrukture

Prema tipu infrastrukturnog objekta, efekti zagušenja se mogu razdvojiti u dve kategorije:

1. Zagušenja usled pojave uskih grla
2. Zagušenja usled povećanog protoka

### 4.4. Određivanje marginalnih eksternih troškova zagušenja

Marginalni eksterni troškovi izražavaju promenu ukupnih društvenih troškova za sve korisnike saobraćajnog sistema usled ulaska novog korisnika u sistem. Izračunavanje

marginalnih eksternih troškova zagušenja na saobraćajnom opterećenju  $Q$  se vrši preko sledeće formule [2]:

$$MET_{zag}(Q) = \frac{VoT \cdot Q}{v(Q)^2} \cdot \frac{\partial v(Q)}{\partial Q} \quad (1)$$

### 4.5. Mogućnosti praktične primene vrednosti marginalnih društvenih troškova zagušenja

Postoji nekoliko opcija za prevođenje troškova zagušenja po vozilokilometru u mere internalizacije:

- Kordonska naplata: U ovom slučaju se tarifira određena vrsta putovanja ili čitave dnevne aktivnosti u saobraćaju
- Takse zasnovane na saobraćajnicama i vremenskim varijacijama veličine saobraćajnog toka

### 4.6. Troškovi zagađenja vazduha

Najvažniji zagađivači su suspendovane čestice ( $PM$ ) ,oksidi azota, sumpor-dioksid, ozon, isparljiva organska jedinjenja ( $VOC$ ). Eksterni troškovi zagađenja vazduha se računaju kao proizvod specifična emisije i troškovnog faktora po polutantu

## 5. TAKSA ZA ZAGUŠENJE

Taksa za zagušenje prebacuje težište putovanja automobilom zagušenim saobraćajnicama tokom vršnih perioda na na putovanja drugim vidovima prevoza ili na putovanja van vršnih perioda, uzimajući u obzir činjenicu da većina vozača u vršnim periodima nije iz prigradskih i okolnih naselja. Među ekonomistima postoji saglasnost da taksa za zagušenje predstavlja najodrživiji pristup u smanjenju ponavljajućih saobraćajnih zagušenja.

### 5.1. Kategorije naplate za korišćenje saobraćajnica

Postoji nekoliko kategorija:

- Naplata putarina
- Promenljiva naplata na saobraćajnicama
- Zonski orijentisana kordonska naplata
- Naplata na čitavim područjima
- Naplata parkiranja, subvencije za zaposlene i sl.

### 5.2. Pozitivni efekti uvođenja takse za zagušenje

Lokalne i državne uprave mogu da ostvare povećanje kvaliteta saobraćajnih usluga bez povećanja poreza i visokih ulaganja u infrastrukturu. Taksa maksimizuje povrat sredstava poreskih obveznika, kroz manja ulaganja u objekte, održavanjem konstantne vrednosti protoka i optimizacijom saobraćajnih tokova.

### 5.3. Uticaj uvođenja takse na saobraćajnu potražnju

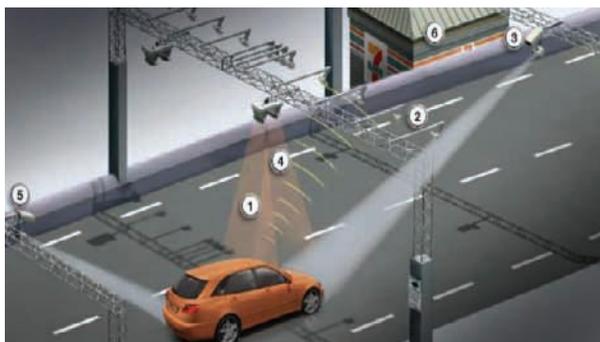
Naplata promenljivom visinom putarine tokom vršnih perioda obeshrabruje deo vozača da pristupaju saobraćajnicama na mestima na kojima je saobraćajna potražnja visoka i na kojima preti opasnost od zagušenja, odnosno uslovima koji vladaju u zasićenom saobraćajnom toku, a taksa takođe doprinosi i razvoju sistema javnog prevoza kroz njegovo bolje iskorišćenje.

#### 5.4. Studija slučaja Stokholma

Stokholmski probni period sastojao se iz dva dela, uvođenja takse za zagušenja koji je bio na snazi između 3. januara 2006. i 31. jula 2006. i programa povećanja kapaciteta javnog prevoza između 31. avgusta 2005. i 31. decembra 2006. Taksa za zagušenje je uvedena na stalnoj osnovi 1. avgusta 2007. godine, nakon odobrenja parlamenta

#### 5.5. Sistem naplate

Cena prolaska kontrolne tačke je 1,16;1,74 ili 2,32 €, u zavisnosti od doba dana, i jednaka je za oba smera kretanja. Šema rada sistema naplate prikazana je na **Sl.1.**



Slika 1: Šema rada sistema naplate

1. Vozilo prolazi kroz prvi laserski zrak, pritom uključujući antene primopredajnike iz koraka 2.
2. Primopredajnik očitava signal sa transpondera vozila, beležeći vreme, datum i iznos takse
3. Kamera istovremeno snima broj registarske tablice vozila sa prednje strane
4. Vozilo prolazi kroz drugi laserski zrak, pritom uključujući drugu kameru iz koraka 5.
5. Druga kamera snima broj registarske tablice sa stražnje strane vozila, bez usporavanja vozila
6. Plaćanje se vrši preko žiro računa vozača, vebajta ili u maloprodajnim objektima

#### 5.6. Rezultati analize troškova i koristi

Naplata takse generiše neto zaradu koja je nešto manja od 80 miliona €/god. Efekti životne sredine i povećana bezbednost saobraćaja donose dobit od 24,5 miliona €/god. Ukupna javna finansijska dobit iznosi 70,9 miliona €/god. Godišnja cena održavanja sistema iznosi 25,5 miliona €.

#### 5.7. Rezultati istraživanja pre i posle uvođenja takse

Podaci su prikupljeni tokom aprila 2006. i 2007. godine, ali na mnogim tačkama na kojima su vršena merenja, pogotovo merenja vremena putovanja – ujedno i najkritičnija, merenja su izvršena tokom marta 2005. godine pa do danas, putem automatskog sistema. Nakon izračunavanja ukupnih smanjenja vremena putovanja utvrđeno je da izmerena vremena putovanja čine oko 80% ukupnih smanjenja vremena putovanja, odnosno dobijenog vremena.

#### 5.8. Ostvarena dobit korisnika

Ostvareni dobiti i gubici u milionima € korisnika nakon uvođenja takse za zagušenje su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1[3]: Ostvareni dobiti i gubici korisnika u milionima € – rezultati

Dobici/Gubici	
Manja vrednost vremena putovanja	57,5
Pouzdanija vremena putovanja	9
Troškovi podešavanja	-7,9
Plaćene takse tarifiranja	-88,5
<b>Ostvarene dobiti korisnika, ukupno</b>	<b>-29,8</b>

#### 5.9. Efekti zaštite životne sredine i bezbednosti saobraćaja

Usled uvođenja takse smanjena je emisija štetnih gasova u okrugu Stokholma za 2.7% (42.5 kt), čime je ostvarena dobit od 7,4 miliona €/god. Smanjenje broja saobraćajnih nezgoda iznosi oko 3.6%. Očekuje se pad broja teže povređenih i poginulih u nezgodama za 15 po godini, a lakše povređenih za oko 50 po godini, što iznosi oko 14,5 miliona €/god, po švedskim preporukama.

#### 5.10. Javni troškovi i prihodi

Naplaćene takse za zagušenje iznose 88,5 miliona €/god. Dobit u javnom prevozu se sastoji iz dva dela, dobit od povećanja prodaje karata, 21,3 miliona €/god, umanjene prihodi od naplate taksi (-6,1 miliona €/god) su proračunati na osnovu procene smanjenja pređenih vozilokilometara, umanjene troškovi održavanja saobraćajnica (0,1 milion €/god) su gotovo zanemarljivi.

#### 5.11. Saobraćajni efekti uvođenja takse za zagušenje

Planirano je smanjenje saobraćajnog opterećenja ka/od zone naplate (centralne gradske zone) od 10-15%, postignuto je smanjenje od 20-25%, ostvareno je poboljšanje pristupa - vremenski zastoji na ulasku u centralnu zonu su smanjeni za 30-50% , a takođe i smanjenje emisije štetnih gasova – 14% u centralnoj zoni, 2,5% na nivou okruga

#### 5.12. KRITIČKI OSVRT

Prethodna analiza pokazuje da uvođenje takse stvara veliku društvenu dobit, dovoljnu da pokrije troškove ulaganja i eksploatacije. U saobraćajnom smislu uvođenje takse za zagušenje u Stokholmu takođe pokazuje potpunu opravdanost i u nekim segmentima i premašuje svoju idejnu zamisao i pokazala se kao efikasan instrument u upravljanju saobraćajnom potražnjom

### 6. ANALIZA I PRORAČUN EKSTERNIH TROŠKOVA ZAGUŠENJA I ZAGAĐENJA U NOVOM SADU

Buduća načela saobraćajne politike Novog Sada treba da daju prioritet nemotorizovanim vidovima prevoza, odnosno za pešake, bicikliste i javni prevoz se trebaju obezbediti primarni uslovi korišćenja, a za automobile tek onoliko koliko preostane.

### 6.1. Metodologija proračuna eksternih troškova saobraćaja u Novom Sadu

Za potrebe proračuna u okviru studije IMPACT date su preporučene jedinične vrednosti eksternih troškova (preporučene izlazne vrednosti) za sve komponente eksternalija[2]. Proračun eksternih troškova saobraćaja u Novom Sadu izvršen je za tri komponente eksternih troškova: troškovi zagušenja, aerozagađenja i klimatskih promena za period jutarnjeg vršnog sata (7:00-8:00). Ulazni podaci u proračunu su broj pređenih vozilokilometara u jutarnjem vršnom času [4], ukupna emisija zagađujućih materija na području Novog Sada u jutarnjem vršnom času [5] i jedinične vrednosti troškova zagađenja vazduha u Srbiji [6].

### 6.2. Rezultati proračuna eksternih troškova u Novom Sadu

Na osnovu proračuna dolazi se do ukupne vrednosti eksternih troškova u jutarnjem vršnom periodu (Tabela 2).

Tabela 2: Ukupni eksterni troškovi zagušenja i zagađenja u jutarnjem vršnom času na području Novog Sada

Komponenta troška	Ukupni eksterni troškovi (€)
Zagušenje	22749,24
Zagađenje vazduha	827,86
Klimatske promene	10,36
<b>Σ</b>	<b>23587,46</b>

U narednom koraku eksterne troškove zagušenja i zagađenja na području Novog Sada treba svesti na troškove po putovanju, odnosno vozilu u jutarnjem vršnom času, a za to je potreban broj putničkih automobila-PA (Tabela 3)

Tabela 3: Ukupan broj putničkih automobila u jutarnjem vršnom času u Novom Sadu

Ukupan broj putovanja PA [7]	Prosečna zaposednutost PA [4]	Ukupan broj PA
18461	1,19	15514

Krajnji rezultat proračuna predstavljaju vrednosti eksternih troškova korišćenja automobila u Novom Sadu u jutarnjem vršnom času (Tabela 4).

Tabela 4. Vrednosti eksternih troškova korišćenja automobila u Novog Sadu po kategorijama

Kategorija	Eksterni troškovi (€)
Putovanje	1,28
Putnički automobil	1,52

## 7. ZAKLJUČAK

Taksa za zagušenje kao vid internalizacije eksternih troškova bi promenila ne samo saobraćajno stanje, već i svakodnevni život svih stanovnika gradova, povećanju društvene i socijalne odgovornosti, kao i održivom razvoju, manjoj potrošnji resursa koji postaju sve oskudniji i skuplji.

Ova ideja pre svega mora biti prihvaćena od organa upravljanja državom i gradovima, i zvaničnici pre svega moraju da razviju svest da se urbanistički problemi mogu smanjiti i bez velikih ulaganja u skupe građevinske poduhvate, s obzirom na sve manje mogućnosti finansiranja istih. U skladu sa tim prihodi od takse za zagušenje se mogu koristiti za dalje unapređenje infrastrukture biciklističkog saobraćaja koje je u Novom Sadu već započeto. Dakle, kao krajnji cilj se mora postaviti efikasnija upotreba postojećeg saobraćajnog sistema.

## 8. LITERATURA

- [1] [www.konsult.leeds.ac.uk/public/level1/sec11/index.htm](http://www.konsult.leeds.ac.uk/public/level1/sec11/index.htm)
- [2] Maibach M., Schreyer C, Sutter D. (INFRAS), van Essen H.P., Boon B.H., Smokers R., Schroten A. (CE Delft), Doll C., Pawlowska, M. Bak, Handbook on estimation of external costs in the transport sector, TU Delft, 2008.
- [3] Eliasson J., Transek AB, Cost-benefit analysis of the Stockholm congestion charging system, Stockholm, 2009.
- [4] Javno preduće "Urbanizam", Saobraćajna studija grada Novog Sada sa dinamikom uređenja saobraćaja – NOSTRAM, knjiga: osnovna, Novi Sad, 2009
- [5] Basarić V. 2010, Model upravljanja raspodelom putovanja na vidove prevoza u funkciji održivog razvoja, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010
- [6] Javno preduće "Putevi Srbije", Priručnik za analizu troškova i koristi, 2010
- [7] Opačić P., Prikaz i analiza ankete u domaćinstvima u Novom Sadu, Završni rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2011

### Kratka biografija:



**Petar Opačić** rođen je u Zagrebu 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćajne prognoze odbranio je 2013.god.

**VDSL2 – DIGITALNA PRETPLATNIČKA LINIJA VRLO VELIKE PRENOSNE BRZINE**
**VDSL2 – VERY HIGH DATARATE DIGITAL SUBSCRIBER LINE**

 Strahinja Majstorović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
**Oblast - SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je opisana digitalna pretplatnička linija vrlo velike prenosne brzine – VDSL2, čiji se rad zasniva na prenosu podataka preko postojeće telefonske mreže. Detaljno su opisane smetnje i greške koje pogadaju lokalnu petlju kao i načini rešavanja ovih problema. Opisani su načini kodiranja, detekcije i korekcije grešaka. Detaljno je prikazano modelovanje lokalne petlje, procena kapaciteta kanala kao i merenje lokalne petlje.

**Abstract** – In this paper, the very high speed digital subscriber line technology – VDSL2, which work is based on the data transfer over the existing telephone network, is described. Disturbances and errors which affect the local loop as well as ways of solving these problems are described in details. Encoding methods, error detection and correction are described. Modeling of the local loop, channel capacity estimation and measurements of the local loop are shown.

**Ključne reči:** VDSL2, Digitalna pretplatnička linija vrlo velike prenosne brzine 2, merenje lokalne petlje, modelovanje lokalne petlje, procena kapaciteta kanala, širokopoljasni pristup u Srbiji.

**1. UVOD**

Tehnologije digitalne pretplatničke linije su tehnologije pristupa jezgrenoju (engl. core) mreži, pomoću fiksnih linija. xDSL duguje svoj uspeh najviše brzom pristupu internetu kao i razvoju širokopoljasnih komunikacija.

U devedesetim godinama je započeo ubrzani i masovni razvoj i primena xDSL-a širom sveta. Digitalna pretplatnička linija velike prenosne brzine (engl. *High Bit-rate DSL*, skr. *HDSL*) je bila prva DSL tehnologija koja je doživela uspeh na tržištu. Asimetrična digitalna pretplatnička linija (engl. *Asymmetric DSL*, skr. *ADSL*) je doživela najveći rast na tržištu, dok digitalna pretplatnička linija vrlo velike prenosne brzine (engl. *Very high Data rate DSL*, skr. *VDSL*) i dalje nudi najveće prenosne brzine od svih DSL-a. Neke DSL tehnologije podržavaju istovremeni prenos DSL podataka (engl. *DSL data*) i POTS-a jednom upredenom paricom (npr. *ADSL*), tj. koncept koji se naziva *DSL over POTS*.

Osnovna podela DSL tehnologija jeste na dve odvojene grupe: asimetrične DSL tehnologije i simetrične DSL tehnologije. Simetričnost se u ovom kontekstu odnosi na prenosne brzine u dolaznom i odlaznom smeru prenosa signala.

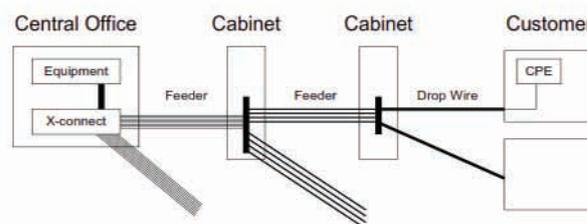
**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Željko Trpovski, vanr. prof.**

Ako su te dve brzine međusobno jednake, onda se radi o simetričnoj DSL tehnologiji, u suprotnom, DSL tehnologija pripada grupi asimetričnih DSL tehnologija.

**2. MODELOVANJE LOKALNE PETLJE**

Topologija petlje prikazana je na slici 1. Centrala (engl. *Central Office*, skr. *CO*) u gusto naseljenom području može opsluživati 10.000 do 20.000 korisnika. Distribucija pretplatničke petlje sprovodi se u delovima strujnog kabela. Strujni kabal najbliži centrali sadrži stotine hiljada parica, dok se udaljeniji delovi sastoje od 100 povezanih parica ili manje. Za dugačke petlje, koristi se deblji kabal na udaljenijim segmentima da bi se zadržao otpor petlje ispod određene granice. Zato se može očekivati mešavina kablova za duže petlje.

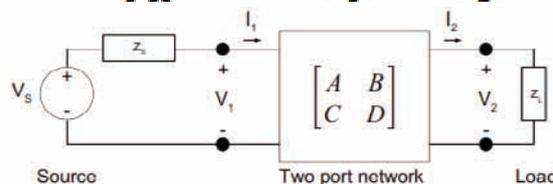


Slika 1. Topologija lokalne petlje

Prenosna linija odlikuje se svojim frekvencijski zavisnim slabljenjem i faznim kašnjenjem, koje izaziva vremensku disperziju. Električna svojstva prenosne linije su često opisana kao linearno kolo sa dva porta koje koristi ABCD parametre u matricnoj formi.

Sledeća relacija definiše ABCD model između ulaznog napona  $V_1$ , ulazne struje  $I_1$ , izlaznog napona  $V_2$ , i izlazne struje  $I_2$ :

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = \Phi \cdot \begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

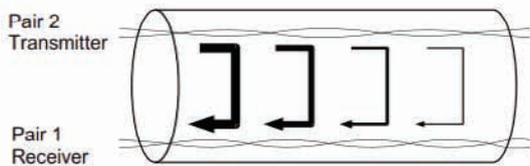


Slika 2. Model mreže sa dva porta

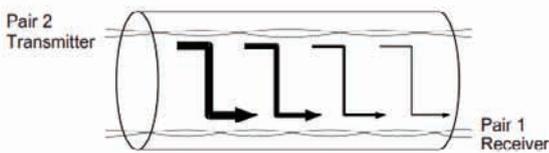
**3. ŠUM**

Kapacitivnost komunikacionog kanala funkcija je odnosa između signala i šuma prijemnika. Šum na kraju prijemnika sastoji se od termalnog šuma električnog kola prijemnika i različitih indukovanih signala u bakarnoj parici. temperaturi, ali on zavisi i od dizajna analognog prednjeg kraja. Za većinu DSL instalacija, preslušavanje

sa susednih linija je dominantni izvor šuma. Rezultujući šum signala na kraju kabla je okarakterisan ili kao preslušavanje na bližem kraju (engl. *Near End Cross Talk*, skr. *NEXT*) ili preslušavanje na udaljenom kraju (engl. *Far End Cross Talk*, skr. *FEXT*). *NEXT* nastaje u prijemniku na ometačkoj parici, koji potiče od predajnika na ometačkoj parici na istom kraju. *FEXT* je primljeni šum sa ometačke parice koji potiče iz predajnika na udaljenom kraju kabla.



Slika 3. Unutrašnje sprezanje parice koje prouzrokuje *NEXT*



Slika 4. Unutrašnje sprezanje parice koje prouzrokuje *FEXT*

Impulsni šum je definisan kao nestacionarni šum ubačen u lokalnu petlju ili od spoljnog ometača ili kao preslušavanje između električnih provodnika u blizini spoja telefonskog kabla. Šum može takođe da potiče od zvonjenja telefona u susednim paricama u spoju. Karakteristike impulsnog šuma su, da je kratkog trajanja, visoke amplitude širokopojasnog signala koje se javljaju povremeno. Zaštita od impulsnog šuma (engl. *Impulse Noise Protection*, skr. *INP*) je određena brojem simbola koji mogu biti ispravljeni:

$$INP = (S \cdot D) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{R}{N_{FEC}} \quad (1)$$

$D$  je dubina interlivinga u broju Reed Solomon-ovih (RS) FEC kodnih reči.  $R$  je broj redundantnih okteta po RS FEC kodnoj reči.  $N_{FEC}$  je veličina RS FEC kodnih reči.  $S$  je dato kao:

$$S = \frac{8 \cdot N_{FEC}}{L} \quad (2)$$

Gde je  $L$  broj bita prenešenih svakim DMT okvirom.

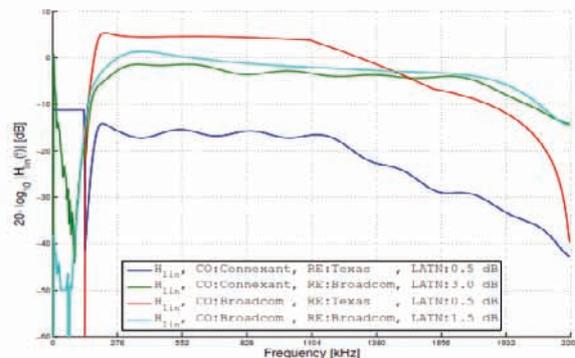
#### 4. MERENJE PETLJE

Karakterizacija lokalne petlje je od ključnog značaja za uspešnu primenu DSL-a. Postoji nekoliko metoda karakterizacije lokalne petlje. Prva je procena kapaciteta bazirana na računanju ključnih parametara kao što je na primer dužina petlje. Ti parametri su nekad bazirani na instalacionim podacima gde je tip bakarnog kabla i udaljenost poznata, ili na merenju otvorene petlje gde su provodnost i kapacitivnost izmereni između kablova na paricama.

Za merenje na jednom kraju (engl. *Single ended line testing*, skr. *SELT*) koristimo elektronski instrument pomoću kojeg se vrši karakterizacija i lociranje grešaka u upredenim paricama (engl. *Time Domain Reflectometry*,

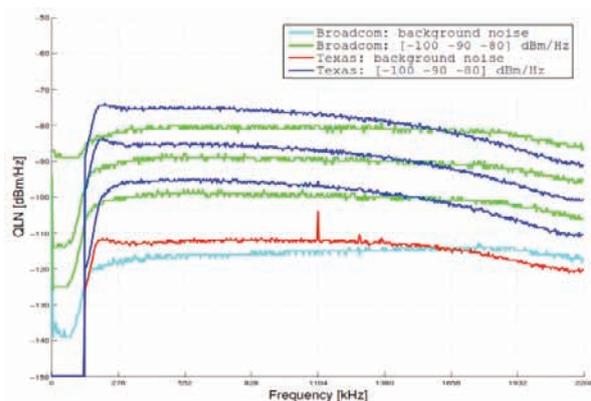
skr. *TDR*). Prilikom merenja TDR-om, impuls se prenosi sa jednog kraja parice, obično sa strane lokalne centrale. Ako parica nije pravilno prekinuta, bilo da je udaljeni kraj ostao nepovezan (otvoreni kraj), ili sa spuštenom telefonskom slušalicom (engl. *on hook*), ubačeni impuls će se odbiti nazad. Meri se vreme prostiranja i slabljenje na pojedinačnim frekvencijama u emitovanom impulsu. Prikupljeni podaci mogu biti iskorišćeni za računanje dužine petlje, slabljenja i parametara kabla.

Karakterizacija petlje merenjem na dve strane (engl. *Dual ended line testing*, skr. *DELTA*), zahteva aktivnu opremu na oba kraja petlje. Tradicionalno su ova merenja zahtevala od tehničara da ode na udaljenu lokaciju, poveže opremu za merenje i obavlja merenja između udaljenog kraja i centrale. Kada merimo karakteristike lokalne petlje koristeći DELTA, početna referentna merenja su neophodna. Povezivanjem DSL modema direktno na DSLAM preko kratkog (par metara dugačkog) kabla, može biti izvršeno referentno merenje na 0-petlji.



Slika 5. Referentna merenja na 0-petlji različitih vendora

Slika 6. pokazuje rezultat merenja referentnog šuma sa izlaznom snagom podešenom na  $-20$ ,  $-10$  i  $0$  dBm/Hz koji odgovaraju do  $-100$ ,  $-90$  i  $-80$  dBm/Hz. Jasno je vidljivo da dva modema prijavljuju različite nivoe šuma. Pozadinski šum iz centrale je takođe prisutan kao referentni.



Slika 6. Merenje šuma

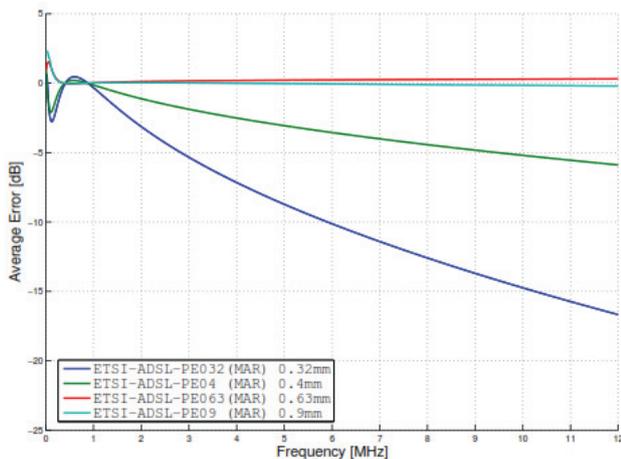
#### 5. PROCENA KAPACITETA KANALA

Glavni zadatak procenjivanja kapaciteta petlje jeste uklapanje modela kabla. Slika 7 prikazuje prenosnu funkciju četiri modela kabla preko frekvencijskog opsega korišćenog za VDSL2 procenjivanje kapaciteta (0 do 12 MHz).

U tabeli 1. prikazani su rezultati pri montiranju PE05mar modela kabla.

2000 m cable simulated using	Fitted Length [m]	Error [dB]	
		Avg	Max
ETSI MAR 0.32 mm	2913.0	9.3	16.7
ETSI MAR 0.40 mm	2391.0	3.3	5.9
ETSI MAR 0.63 mm	1686.9	0.2	1.5
ETSI MAR 0.90 mm	1177.3	0.1	2.3

Tabela 1. Rezultat pri montiranju PE05mar modela kabla



Slika 7. razlika modela kabla na 2000m i montiranog ETSI-PE05mar modela

### Zavisnost od dužine

Prosečna i maksimalna greška navedene u tabeli 1. pokazuju da je greška veća za tanke kablove. Ta je greška proporcionalna električnoj dužini kabla, ili više direktno slabljenju kabla, koje je veće za duže kablove.

### Optimizacija modela kabla

MAR model ima korist od očuvanja kauzalnog i fizički ispravnog ponašanja iako su parametri modelovanja promenjeni. Jedan pristup je bio da se poveća broj podešenih parametara. Podesivi parametri MAR2 modela su navedeni u tabeli 2.

$R_0$	DC resistance per km
$L_\infty$	High frequency inductance per km
$a$	Proximity factor for skin effect
$C_{1MHz}$	Capacitance at 1 MHz per km
$\varphi$	Shunt capacity loss angle

Tabela 2. Parametri MAR2 modela

Kada se testira optimizovani model kabla koristeći simulirane petlje, dobijaju se rezultati navedeni u tabeli 3.

Tabela 3. Rezultat ugrađivanja optimizovanog modela kabla

2000 m cable simulated using	Optimized model Length [m]	Error [dB]	
		Avg	Max
ETSI MAR 0.32 mm	3006.7	2.8	8.6
ETSI MAR 0.40 mm	1934.9	2.5	6.4
ETSI MAR 0.63 mm	2074.7	0.3	0.8
ETSI MAR 0.90 mm	1398.6	0.1	0.6

Jasno je vidljivo da se prosečna i maksimalna greška smanjuju, osim za optimizovani model podešen za simulirano slabljenje od 2000 m kabla modelovanog koristeći ETSI MAR PE04 model.

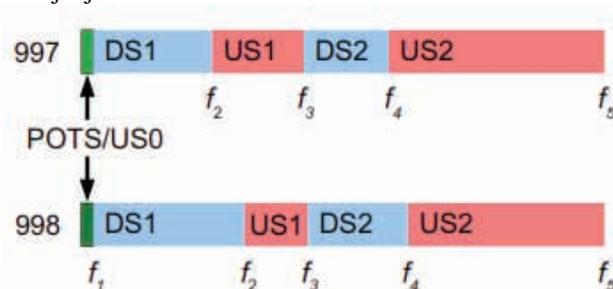
## 6. VDSL2 PROFILI I POJASNI PLANOVI

VDSL2 profili koji se upotrebljavaju u centralama su navedeni u tabeli 4. U svim profilima, maksimum grupisane upstream snage je ograničen na 14,5 dBm. Razlika između profila 12a i 12b je da u 12b podrška od upstream opsega US0 nije obavezna. US0 je upstream opseg koji se koristi kod ADSL1, ADSL2 i ADSL2+. Sa podrškom US0 domet VDSL2, koristeći profil 8b na primer, će biti isti kao za ADSL2+. Kada procenjujemo dostiznu brzinu, procena će biti bazirana na profilu, rezultujući najvećim dvosmernim brzinama prenosa mreže.

Tabela 4. VDSL2 profili

Parameter	VDSL2 Profile Values							
	8a	8b	8c	8d	12a	12b	17a	30a
Bandwidth (MHz)	8,832	8,832	8.5	8,832	12	12	17,864	30
DMT carriers (#)	2048	2048	1972	2048	2783	2783	4096	3479
DMT spacing (kHz)	4,3125	4,3125	4,3125	4,3125	4,3125	4,3125	4,3125	8,6250
Max data rate (US/DS)	50	50	50	50	68	68	100	200
Max Power DS (dBm)	+17.5	+17.5	+17.5	+17.5	+17.5	+17.5	+17.5	+17.5
Max Power US (dBm)	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5
US0 support	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No

Da bi bio spektralno kompatibilan sa drugim servisima, VDSL2 mora koristiti isti pojasni opseg ispod 2,208 MHz kao ADSL2+, koji uključuje opcionu podršku US0. Slika 8. prikazuje dva pojasna plana definisana za VDSL2. U pojasnom planu 997, ukupni protok dodeljen za upstream prenos je veći nego protok dodeljen za downstream prenos. Pojasni plan 997 je stoga više simetričan jer je SNR niži za veće frekvencije zbog frekvencijski zavisnog slabljenja.



Slika 8. VDSL2 pojasni planovi

## 7. ZAKLJUČAK

Zahtevi za brzim Internetom, elektronskom zabavom i jeftinom telefonskom uslugom, rastu neverovatnom brzinom. Tržišni uslovi, zajedno sa konkurentskim okruženjem, vrše pritisak na provajdere, koji ako žele da ostanu na tržištu moraju da ponude još više različitih servisa i podstiču razvoj novih tehnologija u oblasti telekomunikacija. Kompanije koje budu mogle da obezbede pun set uskopojasnih i širokopojasnih servisa za prenos govora, podataka i videa, postaće dominantni učesnici na tržištu.

Korišćenjem VDSL-a dobija se neophodno povećanje širine opsega koje zahteva tržište. Korišćenjem ATM preko VDSL-a, sistem će biti pouzdan i biće obezbeđen kvalitet usluge koji korisnici očekuju. VDSL obezbeđuje veliki protok preko samo jedne upredene parice. Ukoliko se VDSL uporedi sa drugim DSL tehnologijama, jasno je da je VDSL budućnost DSL-a, naročito pri obezbeđivanju punog seta servisa.

Na scenu će u skorijoj budućnosti stupiti optički pristup, koji će sa sobom doneti mnogo veće brzine, mnogo veći kvalitet i omogućiti nove usluge kojih još uvek nema u ponudi. Cena optičkog kabla je sve prihvatljivija i postaje dostupna svim korisnicima. Optički kabal predstavlja najviši kvalitet u telekomunikacijama. Još neke od mnogih prednosti optičkog kabla naspram bakarne parice su: daleko manje dimenzije, jednostavnije polaganje u zemlju, pod vodu, na stubove i dalekovode, mogućnost prenosa većih količina informacija, zanemarljivo slabljenje signala, veliki domet bez pojačavanja signala itd.

Optika, kao platforma za prenos podataka, opstaje sa vremenom (mogu se menjati samo protokoli komunikacije ili načini distribucije signala preko njega). Tako optički kabal predstavlja trajno ulaganje koje se može koristiti decenijama.

## 7. LITERATURA

- [1] Proakis John G, Salehi Masoud, Communication Systems Engineering. Prentice Hall, 2nd Edition, 2002.
- [2] Starr Thomas, Cioffi John M., Silverman Peter J. Digital Subscriber Line Technology. Prentice Hall, 1999.
- [3] Chen Walter Y. DSL Simulation Techniques and Standards Development for Digital Subscriber Line Systems. Mac Millian, 1998
- [4] Philip Golden, Hervé Dedieu, Krista S. Jacobsen Fundamentals of DSL Technology Auerbach Publications, 2006
- [5] Cheng, David K. Field and Wave Electromagnetics. Addison Wesley, 2nd Edition, 1989.
- [6] van den Brink, Rob F.M. Cable reference models for simulating metallic access networks. ETSI-TM6 Permanent document TM6(97)02 revision 2, Verona, Italy, 1997
- [7] Musson, Joseph. Maximum Likelihood estimation of the primary parameters of twisted pair cables. ETSI-TM6 contribution TD8, Madrid, Spain, 1998
- [8] Heylen Luc, Musson Joseph. Cable Models predict physically impossible behaviour in time domain ETSI-TM6 basis for discussion, Sparnex N.V., 1999
- [9] ITU Test procedures for digital subscriber line (DSL) transceivers ITU standard G.996.1, 2001
- [10] ITU Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2) ITU standard G.992.3, 2005
- [11] ITU Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers – Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2+) ITU standard G.992.5, 2005
- [12] ITU Handshake procedures for digital subscriber line (DSL) transceivers ITU standard G.994.1, 2003
- [13] ETSI Transmission and Multiplexing (TM); Access transmission systems on metallic access cables; Very high speed Digital Subscriber Line (VDSL); Part 1: Functional requirements, ETSI Technical Specification TS 101 270-1 V2.0.0 (2002-04), 2002
- [14] [http://www.ratel.rs/trziste/pregledi\\_trzista.230.html](http://www.ratel.rs/trziste/pregledi_trzista.230.html)

### Kratka biografija:



**Strahinja Majstorović** rođen je u Apatinu 1988. god. Diplomski master rad odbranio je 2013. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike.



MODELOVANJE LOGISTIČKIH PROCESA METODOLOGIJOM DISKRETNIH DOGAĐAJA

LOGISTICS PROCESSES MODELING USING DISCRETE EVENT METHODOLOGY

Nikola Koljaja, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – *Master rad predstavlja sintezu pregleda teorijskih osnova vezanih za upravljanje i planiranje lanaca snabdevanja, modelovanja i simulacije logističkih sistema i njihove primene u analizi i planiranju logističkih procesa u tačkama koncentracije i konsolidacije robnih tokova u lancima snabdevanja. Cilj ovog master rada jeste sistematizacija osnovnih teorijskih postavki i principa modelovanja i simulacije, kao i analiza osnovnih karakteristika izabranog softverskog paketa Arena, na osnovu koga će se izvršiti oblikovanje odgovarajućih logističkih procesa u realnom logističkom sistemu – kontenerskom terminalu ŽIT Beograd.*

**Abstract** – *Master paper is a synthesis of the review of the theoretical basis of management and planning of supply chains, modeling and simulation of logistics systems and their applications in the analysis and planning of logistics processes at points of concentration and consolidation of goods flows in the supply chain. The aim of this paper is systematization of the basic theoretical principles of modeling and simulation, and analysis of the basic characteristics of the chosen software package Arena, it will serve to make the appropriate design of logistics processes in real logistics system - Container terminal ŽIT Belgrade.*

**Ključne riječi:** *Logistički procesi, modelovanje, simulacija, terminal, Arena*

**1. UVOD**

U drugoj polovini 20. veka dolazi do izražene globalizacije robnih i informacionih tokova. Dostignuća na polju tehnike i tehnologije, omogućila su povezivanje svake tačke na Zemlji. Kao rezultat toga, dolazi do povećanja konkurencije na globalnom nivou, zahtevi korisnika postaju strožiji i sve više teže ka perfekciji. U takvoj situaciji, poslovne organizacije se susreću sa dvostrukim izazovom, da smanje troškove i da se bolje prilagode tržištu. Dolazi do promene poslovne filozofije i stvaranja novih poslovnih modela i portfolia koji u globalizovanim tržišnim uslovima stavljaju na proveru postojeće tehnike i sisteme upravljanja logističkim procesima.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Vladeta Gajić.**

Kao odgovor na novonastalu situaciju upravljanje lancima snabdevanja nameće se kao adekvatna poslovna filozofija, koja ukazuje na što veću potrebu saradnje u logističkim kanalima. Efikasno upravljanje lancima snabdevanja podrazumeva adekvatno planiranje i optimizaciju logističkih procesa koji se u njemu realizuju. Pojava modernih računara i razvoj računarskih programa za modelovanje i simulaciju donekle je pojednostavila razvoj modela za planiranje i optimizaciju. Računarski modeli predstavljaju osnovu na bazi koje se kreiraju simulacioni modeli u obliku programa pogodnih za računar. U takvom obliku modeli postaju sredstvo kojim se može analizirati rad logističkih sistema u različitim uslovima eksploatacije, na osnovu čega se može uspostaviti razumevanje procesa koji model opisuje.

**2. TEORIJSKE OSNOVE RADA**

Logistika je relativno novo polje u sferi upravljanja, u poređenju sa tradicionalnim oblastima kao što su finansije, marketing i proizvodnja. Logističke aktivnosti su se dugo realizovale nezavisno od strane mnogih pojedinaca. Pojava koncepta koordinisanog upravljanja povezanim aktivnostima dovela je do znatno boljih rezultata od postojeće prakse nezavisnog upravljanja pojedinim logističkim aktivnostima, jer logistika dodaje vrednost proizvodima i uslugama koja je neophodna za zadovoljenje krajnjih potrošača. Da bi se ispunio osnovni zadatak logistike: „da se na pravo mesto i u pravo vreme dopremi prava roba ili usluga u željenom stanju sa aspekta potrošača“, potrebno je integrisati upravljanje logističkim aktivnostima na nivou čitavog toka materijalnih dobara, odnosno za čitav lanac snabdevanja. Lanac snabdevanja stoga, predstavlja mrežu organizacija koje su uključene u određene procese i aktivnosti kojima se uvećavaju vrednosti njihovih proizvoda i usluga sa aspekta krajnjih potrošača [8].

Robni terminali i robno-transportni centri – logistički centri predstavljaju jednu od najvažnijih komponenti logističkih mreža, odnosno lanaca snabdevanja. Realizacija robnih tokova u urbanim, regionalnim, nacionalnim i internacionalnim prostorima nezamisliva je bez nekog oblika robnog terminala, odnosno logističkog centra [6].

**3. MODELOVANJE I MODELI**

Modelovanje predstavlja jedan od osnovnih procesa ljudskog uma. Ono je usko vezano za način ljudskog razmišljanja i rešavanja problema. Modelovanjem se izražava sposobnost razmišljanja i zamišljanja, korišćenja

simbola i jezika, komuniciranja, vršenja generalizacije na osnovu iskustva, i suočavanja sa neočekivanim.

U najširem smislu, modelovanje predstavlja isplativo (u smislu troškova) korišćenje nečeg (modela) umesto nečeg drugog (realni sistem) sa ciljem da se dođe do određenog saznanja. Rezultat modelovanja je model.

Model je apstrakcija realnosti u smislu da on ne može da obuhvati sve njene aspekte. Model je uprošćena i idealizovana slika realnosti. On omogućava da se suočimo sa realnim svetom (sistemom) na pojednostavljen način, izbegavajući njegovu kompleksnost i ireverzibilnost, kao i sve opasnosti koje mogu proisteći iz eksperimenta nad samim realnim sistemom

Generalno, modeli mogu biti materijalni ili simbolički, pri čemu se simbolički modeli dele na [17]:

- Matematičke modele - pojave zapisane u obliku algebarskih, diferencijalnih ili parcijalnih diferencijalnih jednačina.
- Konceptualne modele - modeli kreirani na osnovu predloga o strukturi i logici rada sistema ili probleme koji se modeluje, te se prikazuju u obliku čije je značenje precizno definisano (najčešće u obliku dijagrama). Konceptualni modeli su osnova za kreiranje računarskih modela.
- Računarske modele - modeli koji su prikaz konceptualnog modela u obliku programa za računar. Prikazom konceptualnih modela u obliku programa za računar model postaje sredstvo kojim se može analizirati rad modela u različitim spoljnim uslovima te sa različitim unutrašnjim parametrima i tako dobiti uvid u razumevanje sistema koji se opisuje odnosno mogućnost predviđanja njegovog ponašanja.

U stvarnosti proces modelovanja ne prati krutu šemu propisanih koraka. Ključni koraci u procesu modelovanja mogu se opisati na sledeći način [12]:

- razviti dobro definisan skup ciljeva koje treba ispuniti procesom modelovanja,
- planirati proces modelovanja, i kako će model biti potvrđen,
- prikupiti i analizirati podatke potrebne za model,
- prvo definisati model koji će odslikavati srž realnog sistema. Do povećanja nivoa detaljnosti modela dolazi u kasnijoj fazi,
- uključiti stručnjake za funkcionisanje realnog sistema, koji se pokušava imitirati, tako da se dobiju povratne informacije o vrednosti konceptualnog modela,
- odlučiti o prikladnosti simulacionog paketa ili opšteg jezika za implementaciju modela. Odabratu statistički pouzdan generator slučajnih brojeva koji će biti adekvatan u kontekstu kompleksnosti modela,
- napisati računarski program za model,
- otkloniti greške u programu tako da je sigurno da izvodi zamišljene operacije iz definicije modela,
- testirati da li su rezultati modela razumni,
- pregledati i pažljivo razmotriti da li je model odgovarajući u svetlu malih promena u ulaznim parametrima,
- analizirati rezultate modela i
- saopštiti dokumentovati rezultate modela.

Jedna od najvažnijih prednosti modelovanja je da se sistemi sa dugim vremenskim okvirima mogu proučavati

u komprimovanom vremenu [12]. Druge prednosti uključuju:

- kompleksni sistemi sa stohastički elementima, ne mogu se dovoljno dobro opisati matematičkim ili logičkim modelom koji je sposoban da proizvede rezultate koji se lako interpretiraju,
  - mogu se uporediti različite buduće politike ili moguće akcije tako da se vidi koja najbolje pristaje potrebama ili ograničenjima korisnika,
  - u modelu kompleksnog sistema obično se mogu bolje kontrolisati eksperimentalni uslovi i
  - međutim, modeli nisu jednostavno rešenje za sve probleme.
- Nedostaci uključuju:
- razvoj modela zahteva značajno ulaganje vremena i stručnosti,
  - u stohastičkom modelu, za dati skup ulaza svaka obrada daje samo procene izlaznih rezultata modela,
  - modeli mogu izgledati impresivno kada se obrađuju na računaru, te stoga postoji opasnost od prevelikog poverenja u model,
  - modeli se veoma oslanjaju na ulazne podatke. Ako je kvalitet podataka loš ili neverodostojan, tada je verovatno da će i izlaz iz modela imati grešku,
  - važno je da korisnici modela razumeju model,
  - nemoguće je u model uključiti sve buduće događaje i
  - interpretacija nekih izlaznih rezultata modela može biti teška. Oni mogu biti valjani samo relativno, a ne apsolutno.

#### 4. SIMULACIJA

Termin simulacija se koristi u različite svrhe i načine od strane različitih ljudi. Može se definisati kao proces stvaranja modela nekog postojećeg ili predloženog sistema sa ciljem identifikovanja i razumevanja određenih faktora koji kontrolišu sistem i/ili sa svrhom predviđanja ponašanja sistema u budućnosti.

Pod simulacijom se, u stvari, podrazumeva realizovanje eksperimenta na apstraktnom modelu sistema predstavljenom, po pravilu, u obliku programa za računar, mada se, u principu, simulacija može realizovati i bez primene računara, izvođenjem potrebnih izračunavanja "ručno".

Računarska simulacija se bavi modelima različitih sistema. Sistem predstavlja određeni objekat ili proces, stvarni ili planirani, poput [15]:

- proizvodni pogon sa mašinama, radnom snagom, transportnim sredstvima, trakastim transporterima i skladišnim prostorom,
- aerodrom, sa putnicima koji čekiraju karte, prolaze kroz kontrolne punktove, ukrcajavu na avione,
- distributivna mreža fabrika, skladišta i transportnih veza,
- autoput sa segmentima, rampama, kontrolom i saobraćajem i
- restoran brze hrane, sa različitim osobljem, kupcima i opremom.

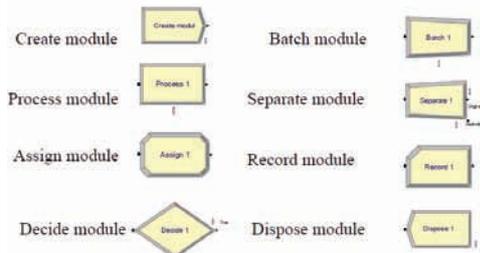
Sistem diskretnih događaja je dinamičan sistem sa diskretnim vremenom i stanjem i verovatno nedeterminisan. Primeri sistema diskretnih događaja uključuju komunikacione mreže, baze podataka sistema, saobraćajne mreže, digitalna kola i proizvodne sisteme. U

svom osnovnom obliku, sistem diskretnih događaja je opisan nizom stanja, mogućim promenama između njih, kao i povezanim događajima.

## 5. ARENA – SIMULACIONI SOFTVER

Arena predstavlja softver koji se koristi za simulaciju diskretnih događaja, razvijen od strane kompanije *Systems Modeling* i kupljen od strane kompanije *Rockwell Automation 2000*. godine.

U Areni postoji veliki broj modula koji su grupisani u odgovarajuće grupe (panele) (slika 1).



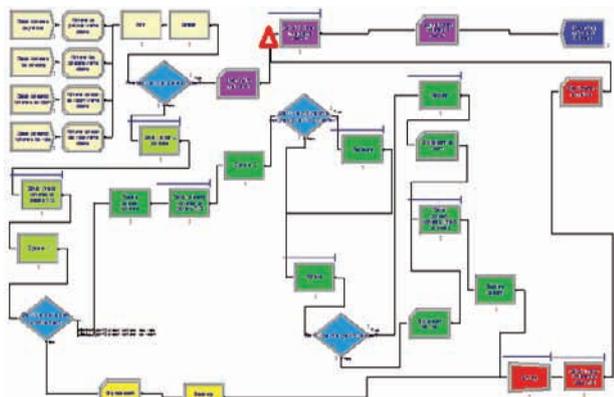
Slika 1: Moduli u Areni – Basic process panel

## 6. STUDIJA SLUČAJA ŽIT

Društveno preduzeće Železnički integralni transport Beograd (DP ŽIT) osnovano je 1989. godine od strane RO ŽTO (Radna organizacija Železnička transportna organizacija „Beograd“) [4].

Prilikom formiranja baze podataka za izradu modela korišćeni su podaci koji su bili dostupni u izveštaju revizorske kuće [4], kao i podaci koji su preuzeti iz diplomskog-master rada Dejana Mirčetića pod nazivom „Modelovanje logističkih procesa u drumsko-železničkom konterskom terminalu primenom iGrafx programa“.

Kao rezultat, formiran je simulacioni model posmatranih logističkih aktivnosti, koji je prikazan na slici 2.



Slika 2: Izgled modela izrađenog u Areni

Simuliran je rad modela prema dva scenarija. Prvi scenario podrazumeva petodnevnu radnu nedelju a drugi scenario šestodnevnu radnu nedelju (subota radna). Simulacija je vršena za period od godinu dana, sa osmočasovnim radnim vremenom. Prilikom simulacije i analize rezultata simulacije posmatrani su vremenski aspekti simulacije, dok su troškovi izostavljeni zbog nedostupnosti podataka. Vremena su iskazana u minutima.

Poređenjem rezultata dobijenih prema različitim scenarijima stiže se uvid u veličinu promena izlaznih rezultata, smer njihove promene i reperkusije koje proizvodi promena određenih parametara modela. Prvo je izvršeno poređenje rezultata čekanja prema odgovarajućim entitetima (slika 3).



Slika 3: Poređenje vremena čekanja prosečnog entiteta (u minutima)

Na slici 4. uporedno su prikazani rezultati iskorišćenja pojedinih resursa prema definisanim scenarijima.



Slika 4: Poređenje iskorišćenja resursa

Na osnovu slike 4, može se zaključiti da su vrednosti približno iste za oba scenarija. Međutim, ipak je iskorišćenje malo veće pri simulaciji sa 5 radnih dana.

Kritične tačke, odnosno uska grla u sistemu identifikovana su preko vremena čekanja u redu i preko pokazatelja zauzetosti kritičnih logističkih resursa (dizalica i viljuškar). Jedan od načina otklanjanja zastoja ili barem ublažavanja jeste povećanje kapaciteta resursa i promena rasporeda radnog vremena.

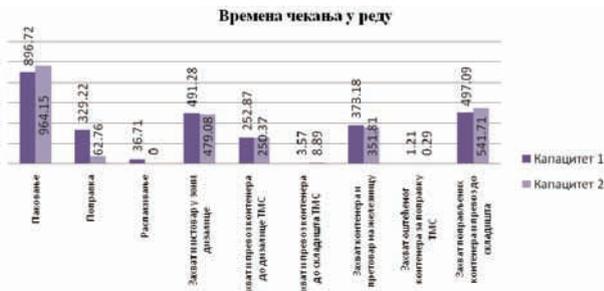
Na slici 5, uporedno su prikazani rezultati dobijeni pre i nakon povećanja kapaciteta svih resursa. Na osnovu slike 5, uočava se kraći vremenski ciklus kod kontenera sa kapacitetom 2 u odnosu na vreme kontenera sa kapacitetom 1. Što znači da povećanje kapaciteta ima smisla ukoliko je primarni cilj smanjenje vremena koje kontener provede u sistemu.



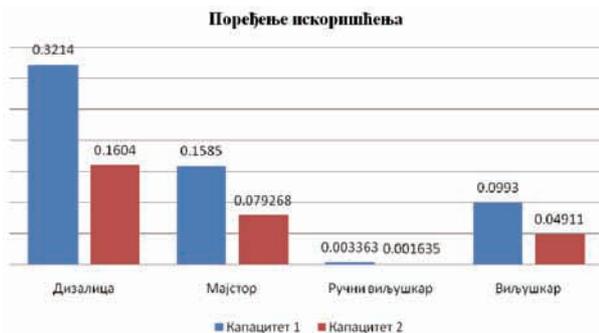
Slika 5: Poređenje vremena čekanja prosečnog entiteta za različite kapacitete

Na osnovu grafika vremena čekanja u redu (slika 6), uočava se nepostojanje izrazitih razlika između dva

vremena, osim u slučaju za vreme procesa popravke, gde je vreme pri kapacitetu 2 značajno manje u odnosu na vreme pri kapacitetu 1. Vremena pri kapacitetu 2 kod procesa pakovanja i zahvata popravljenih kontenera i prevoza do skladišta su duža u odnosu na vremena pri kapacitetu 1. Ostala vremena pri kapacitetu 2 su kraća u odnosu na vremena pri kapacitetu 1. Jedini različit slučaj je procesa raspakivanja čije vreme pri kapacitetu 1 iznosi 36,71 a pri kapacitetu 2 ne postoji.



Slika 6: Poređenje vremena čekanja u redu pri različitim kapacitetima



Slika 7: Poređenje iskorišćenja resursa pri različitim kapacitetima

Na osnovu prikazanih podataka na slici 7, uočava se daleko veće iskorišćenje resursa pri kapacitetu 1. Najveća razlika je kod resursa dizalice a zatim kod majstora. Ovaj podatak ukazuje da povećanje kapaciteta na određenim poljima ima pozitivne pokazatelje, odnosno ostvaruje određene uštede, a na drugim mestima ima negativan efekat. Odluka koja se mora doneti treba da oslikava želje i plan preduzeća i da bude usaglašena sa postavljenim ciljevima preduzeća.

## 7. ZAKLJUČAK

Promene koje se u svetskoj privredi dešavaju velikom brzinom, utiču na to da globalni lanci snabdevanja nemaju iste probleme i tehnike za njihovo rešavanje danas i pre četrdesetak godina. Kao odgovor na taj problem potrebno je primeniti nove načine optimizacije lanca snabdevanja, uz održavanje očekivanog nivoa usluge za korisnike. Najvažniju ulogu u optimizaciji svakako imaju nove informacione tehnologije.

Pošto je predmet optimizacije kontenerski terminal, u radu su date teorijske osnove kontenerskih terminala i načina njihove organizacije. Poseban osvrt u radu stavljen je na teorijske postavke modelovanja i simulacije. Nakon odgovarajuće teorijske analize, izvršena je i simulacija realnog logističkog sistema u simulacionom softveru

„Arena“. Simulacioni model je napravljen na osnovu prikupljenih podataka vezanih za kontenerski terminal ŽIT Beograd. Simulacije su izvršene u dve varijante (scenarija), tj. u jednoj varijanti simuliran je rad kontenerskog terminala sa petodnevnom radnom nedeljom a u drugoj sa šestodnevnom radnom nedeljom (subota je radni dan). Druga simulacija predstavlja unapređenu verziju modela sa boljim iskorišćenjem resursa i vremena. Na osnovu rezultata simulacije identifikovane su kritične tačke i uska grla i predložene određene mere optimizacije rada terminala. Master rad je tako ukazao na sve prednosti korišćenja računarskih aplikacija i programa, pri organizaciji i optimizaciji logističkih sistema.

## 8. LITERATURA

- [1] Banks, Gibson: Handbook of Simulation, USA, 1996.
- [2] Barac, N., Milovanović, G.: Reagibilnost lanaca snabdevanja u globalnom okruženju, „Ekonomske teme“, br. 4, Niš, Ekonomski fakultet u Nišu, 2005.
- [3] Gajić V.: Skripta iz predmeta Oblikovanje logističkih u lancima snabdevanja, FTN, Novi Sad, 2012.)
- [4] DP “Železnički integralni transport Beograd”, Kratak profil preduzeća januar 2013.
- [5] Zekić Z.: Logistički model dinamičke optimizacije poslovanja preduzeća, Ekonomski pregled, 2001.
- [6] Zečević S.: Robni terminali i robno-transportni centar, Beograd, 2006.
- [7] Kelton, Sadowski, Sturrock: Simulation with Arena, Fourth Edition.
- [8] Maslarić M., Skripte sa vežbi iz predmeta Oblikovanje logističkih procesa u lancima snabdevanja, FTN, Novi Sad, 2012.
- [9] Milovanović, G., Barac, N.: Lanci snabdevanja za globalna tržišta, „Ekonomske teme“, br. 1–2, Niš, Ekonomski fakultet u Nišu, 2006.
- [10] Mirčetić D.: Modelovanje logističkih procesa u drumsko-železničkom konterskom terminalu primenom iGrafx programa, FTN, Novi Sad, 2011.
- [11] Čerić V.: Simulacijsko modeliranje, Sveučilište u Zagrebu, Školska knjiga Zagreb, Zagreb, 1993.
- [12] Faculty and Institute of Actuaries, Stohastičko modeliranje, 2000.
- [13] <http://cscmp.org>
- [14] <http://nastava.sf.bg.ac.rs/course/view.php?id=258>
- [15] <http://www.scribd.com/doc/43314355/Modeliranje-i-Simulacija-Proizvodnih-Procesa>
- [16] <http://www.uirr.com>
- [17] Cerjaković E.: Povišenje kapaciteta proizvodno-transportnih segmenata sistema primenom simulacione studije, Mašinski fakultet, Tuzla, 2008.

### Kratka biografija:

**Nikola Koljaja** rođen je u Novom Sadu 1988. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaja-Lanci snabdevanja odbranio je 2013. godine.

U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2012. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aco Antić	Đorđe Ćosić	Milan Rapajić	Slavica Mitrović
Aleksandar Erdeljan	Đorđe Lađinović	Milan simeunović	Slavko Đurić
Aleksandar Ristić	Đorđe Obradović	Milan Trifković	Slobodan Dudić
Bato Kamberović	Đorđe Vukelić	Milan Trivunić	Slobodan Krnjetin
Biljana Njegovan	Đura Oros	Milan Vidaković	Slobodan Morača
Bogdan Kuzmanović	Đurđica Stojanović	Milena Krklješ	Sonja Ristić
Bojan Batinić	Emil Šećerov	Milica Kostreš	Srđan Kolaković
Bojan Lalić	Filip Kulić	Milica Miličić	Srđan Popov
Bojan Tepavčević	Goran Sladić	Milinko Vasić	Srđan Vukmirović
Bojana Beronja	Goran Švenda	Miloš Slankamenac	Staniša Dautović
Branislav atlagić	Gordana	Miloš Živanov	Stevan Milisavljević
Branislav Nerandžić	Milosavljević	Milovan Lazarević	Stevan Stankovski
Branislav Veselinov	Gordana Ostojić	Miodrag Hadžistević	Strahil Gušavac
Branislava Kostić	igor Budak	Miodrag Zuković	Svetlana Nikoličić
Branislava	Igor Dejanović	Mirjana Damjanović	Tanja Kočetov
Novaković	Igor Karlović	Mirjana Malešev	Tatjana Lončar
Branka nakomčić	Ilija Kovačević	Mirjana Radeka	Turukalo
Branko Milosavljević	Ivan Beker	Mirjana Vojnović	Todor Bačkalić
Branko Škorić	Ivan Tričković	Miloradov	Toša Ninkov
Cvijan Krsmanović	Ivan Župunski	Mirko Borisov	Uroš Nedeljković
Damir Đaković	Ivana Katić	Miro Govedarica	Valentina Basarić
Danijela Lalić	Ivana Kovačić	Miroslav Hajduković	Velimir Čongradec
Darko Čapko	Jasmina Dražić	Miroslav Nimrihter	Velimir Todić
Darko Marčetić	Jelena Atanacković	Miroslav Plančak	Veljko Malbaša
Darko Reba	Jeličić	Miroslav Popović	Veran Vasić
Dejan Ubavin	Jelena Borocki	Mitar Jocanović	Veselin Avdalović
Dragan Ivanović	Jelena Kiurski	Mladen Kovačević	Veselin Perović
Dragan Ivetić	Jelena kovačević	Mladen Radišić	Vladan Radlovački
Dragan Jovanović	Jureša	Momčilo Kujačić	Vladimir Katić
Dragan kukolj	Jelena Radonić	Nađa Kurtović	Vladimir Radenković
Dragan Mrkšić	Jovan Petrović	Nebojša Pjevalica	Vladimir Strezoski
Dragan Pejić	Jovan Tepić	Neda Pekarić Nađ	Vladimir Škiljajica
Dragan Šešlija	Jovan Vladić	Nemanja	Vlado Delić
Dragana Bajić	Jovanka Pantović	Stanisavljević	Vlastimir
Dragana	Karl Mičkei	Nenad Katić	Radonjanin
Konstantinović	katarina Gerić	Nikola Brkljač	Vuk Bogdanović
Dragana šarac	Ksenija Hiel	Nikola Đurić	Zdravko Tešić
Dragana Štrbac	Laslo Nađ	Nikola Jorgovanović	Zora Konjović
dragi Radomirović	Leposava Grubić	Nikola Radaković	Zoran Anišić
Dragiša Vilotić	Nešić	Ninoslav Zuber	Zoran Brujic
Dragoljub Novaković	Livija Cvetičanin	Ognjen Lužanin	Zoran Jeličić
Dragoljub Šević	Ljiljana Vukajlov	Pavel Kovač	Zoran Mijatović
Dubravka Bojanić	Ljiljana Cvetković	Peđa Atanasković	Zoran Milojević
Dušan Dobromirov	Ljubica Duđak	Petar Malešev	Zoran Mitrović
Dušan Gvozdenac	Maja Turk Sekulić	Predrag Šiđanin	Zoran Papić
Dušan Kovačević	Maša Bukurov	Radivoje Rinulović	Željken Trpovski
Dušan Sakulski	Matija Stipić	Rado Maksimović	Željko Jakšić
Dušan Uzelac	Milan Kovačević	Radovan Štulić	
Duško Bekut	Milan Rackov	Rastislav Šostakov	

