

## FAZI LOGIČKI SISTEM ZA ODREĐIVANJE BROJA AKTIVNIH ŠALTERA U ŠALTER SALI POŠTE<sup>1</sup>

Milica Šelmić<sup>1</sup>, Dragana Macura<sup>1</sup>, Ranko Nedeljković<sup>1</sup>, Branka Dimitrijević<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Saobraćajni fakultet u Beogradu

**Sadržaj:** *Javno preduzeće PTT saobraćaja “Srbija” je moguće posmatrati kao sistem masovnog opsluživanja. Sa ciljem da se poboljša celokupan poštanski sistem potrebno je da se broj radnika na šalterima optimizuje. Nepromenljiv broj radnika kod ovakvih sistema ima za posledicu nedovoljnu iskorišćenost radne snage u uslovima male potražnje, odnosno formiranje dugih redova klijenata u uslovima vršnih opterećenja. U ovom radu je razvijen model upravljanja brojem aktivnih radnika na šalterima u poštama. Model je zasnovan na fazi logici i teoriji masovnog opsluživanja. Broj kanala opsluživanja, odnosno broj potrebnih šaltera je promenljiva veličina koja se u radu određuje pomoću fazi logike i to na osnovu vrednosti dužine reda klijenata.*

**Ključne reči:** *šalteri u pošti, fazi logika, sistemi masovnog opsluživanja*

### 1. Uvod

Sistemi masovnog opsluživanja (SMO) se koriste tamo gde je potrebno opslužiti veći broj klijenata. Klijenti koji dolaze u sistem formiraju ulazni tok klijenata. Broj potencijalnih klijenata koji stupaju u sistem u jedinici vremena je promenljiv, a vremena njihovih dolazaka su slučajna. Klijenti koji se ne mogu odmah opslužiti, formiraju red. Javno preduzeće PTT saobraćaja “Srbija” se može posmatrati kao jedan ovakav sistem masovnog opsluživanja.

Cilj svakog donosioca odluke kada planira ili poboljšava SMO, jeste da sa jedne strane poveća iskorišćenost opslužioca, a sa druge strane da zadovolji klijente u pogledu vremena zadržavanja i dužine reda. Donosioci odluka se tada nalaze pred problemom kako da neodređenost i rizik uključe u odlučivanje. Dostizanje potrebnog nivoa odlučivanja zahteva da se odluka unapred proveriti, ispita stabilnost rešenja, sprovedu dopunski eksperimenti i uvedu dodatne informacije, a zatim uključujući i druge sposobnosti (intuiciju i inteligenciju) i izvore informacija, izabere rešenje i uz značajno smanjen rizik donese odluka.

Sistem šaltera u pošti je posmatran sa ciljem da se donesu upravljačke mere kojim bi se određivao potreban broj radnika na šalterima. Uobičajeno je da se ovaj broj

---

<sup>1</sup> Ovaj rad je rezultat istraživanja na projektima 36002 i 36022, koji se realizuju uz finansijsku podršku Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije.

utvrđuje na osnovu istorijskih podataka o broju klijenata koji dolaze u šalter salu. Međutim, utvrđen na takav način, ovaj broj veoma često ne odgovara trenutnim uslovima, posebno ukoliko u šalter sali vladaju stalne promene toka klijenata. Sa druge strane, fazi logika kao upravljački metod najpribližniji ljudskom načinu razmišljanja, daje mogućnost da se na jednostavan način odredi broj radnika na šalterima, uzimajući u obzir nekoliko faktora, a istovremeno prilagođavajući taj broj trenutnim uslovima toka klijenata. Istorijski podaci mogu služiti prilikom projektovanja upravljačkog sistema, dajući informacije u kojim opsezima se kreću vrednosti pojedinih parametara koje se uzimaju u obzir pri formulaciji rada fazi kontrolera.

U radu je izvršena analiza potrebnog broja operatera (aktivnih šaltera) u šalter sali pošte, a sa ciljem da se poboljša opsluživanje klijenata sa jedne strane, i da se izvrši optimizacija broja aktivnih šaltera. Podaci potrebni za primenu fazi logike prikupljeni su u Pošti 11147, u ulici Jurića Gagarina 221, u Novom Beogradu.

Rad je organizovan na sledeći način. Posle uvodnog razmatranja u drugom poglavlju ovog rada prikazana je optimizacija šalterske mreže. Treće poglavlje sadrži opis sistema, dok je u četvrtom dat opis Wang Mendelove metode. U petom poglavlju stavljen je akcenat na poboljšanje rada šalterske službe primenom fazi logike i Wang Mendelove metode. Šesto poglavlje prikazuje numeričke rezultate dobijene nakon testiranja. Na kraju, u sedmom poglavlju dati su zaključak i analiza na osnovu dobijenih rezultata.

## **2. Optimizacija rada šalterske službe**

Šalteri su, uopšteno rečeno, ulazno-izlazna mesta informacija. Na šalterima se podaci pretvaraju u aktuelne verodostojne informacije (zbog prisustva korisnika na šalteru). Kvalitet šalterskih usluga, bez obzira na vrstu šaltera, iskazuje se dostupnošću poštanske mreže u oblasti šalterskog poslovanja. Jedan od pokazatelja dostupnosti je srednje vreme čekanja korisnika na šalteru koje se sastoji od dva vremena [1]:

- Vremena čekanja u redu ispred šaltera pre opsluživanja i
- Vremena provedenog na šalteru pri neposrednom opsluživanju korisnika

Optimizacija šalterske mreže je izuzetno kompleksan zadatak koji zahteva multidisciplinarni pristup rešavanju problema. Ta kompleksnost proizilazi iz potrebe za velikim brojem aktivnosti iz različitih oblasti kao što je strateški plan, priprema koja obuhvata mapiranje područja, prikupljanje statističkih podataka, primenu softverskih paketa i odabrane metode prognoziranja [2].

Šalterski segment kao deo poštanske mreže radi u uslovima velike ekspanzije na tržištu sa veoma visokim fiksnim troškovima poslovanja i sa izuzetno jakim uticajem sve veće konkurencije.

Cilj šalterskog segmenta je profitabilnost. Svaka šalterska mreža je skupa, a zahteva se kvalitetno opsluživanje korisnika. Ukoliko Pošta želi da dostigne visok kvalitet usluga, mora da ima dinamičan razvoj u automatizaciji Pošte i da bude u stanju da odgovori na sve postavljene zahteve od strane tržišta kao i od strane korisnika [3].

Jedan od načina da se postigne optimizacija rada šalterske službe je da se stvore univerzalni šalteri, koji će biti ravnomerno opterećeni i osposobljeni za brzu opslugu korisnika PTT usluga, a ne da šalteri budu podeljeni na one koji obavljaju novčane, pismoosne, paketske ili druge PTT usluge i gde se u nekim vremenskim intervalima

stvaraju dugački redovi na pojedinim šalterima, dok su drugi šalteri potpuno neopterećeni.

Na ovaj način zadovoljavaju se zahtevi svih korisnika za uslugama, stvaraju se uslovi za obavljanje i uvođenje nekih novih usluga za potrebe korisnika, a jedna od bitnijih prednosti koje se dobijaju na taj način jeste kraće vreme opsluge, kao i vreme provedeno u redu.

### 3. Opis sistema

Kako bi se redovi u šalter salama potpuno eliminisali, potrebno je izgraditi sistem koji kapacitetom može da odgovori na najveće zahteve klijenata. Teorija masovnog opsluživanja (TMO) je oblast koja se bavi proučavanjem pojave redova čekanja. Kao i u drugim oblastima, TMO je i u saobraćaju našla veliku primenu u fazi projektovanja gde se određuju kapaciteti potrebni da odgovore na zahteve korisnika sistema, kao i u oblasti vrednovanja već postojećeg sistema. Među brojnim primerima čekanja u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju, jedan predstavlja i čekanje na šalterima kako bi klijenti izvršili sve neophodne aktivnosti. Kako svi sistemi masovnog opsluživanja imaju zajedničke karakteristike koje ih opisuju, tako se i na sistem šaltera u šalter sali Pošte svi proračuni koje SMO pruža mogu primeniti, dobiti ocena postojećeg stanja i smernice za eventualno dalje unapređivanje rada sistema.

Sistem šaltera se u ovom radu posmatra kao sistem masovnog opsluživanja, te se može uočiti analogija između klijenata koji pristižu i ulaznog potoka klijenata, šaltera i kanala opsluživanja, i klijenata koji bivaju opsluženi i izlaznog potoka klijenata.

Kapacitet reda u slučaju šalter sale se smatra beskonačnim, odnosno svi klijenti koji zatraže opslugu moraju biti opsluženi. Sistem koji se modelira predstavlja sistem masovnog opsluživanja sa čekanjem. U ovom radu, šalter sala Pošte 11147, u ulici Jurija Gagarina 221, u Novom Beogradu je posmatrana kao sistem masovnog opsluživanja kako bi se na osnovu konkretnih podataka razvio model masovnog opsluživanja, a kasnije i fazi logički model. Model razvijen u ovom radu omogućava upravljanje brojem aktivnih šaltera u šalter sali, u realnom vremenu. U pitanju je sistem u kojem je broj korisnika koji ispostavljaju zahtev za opslugom raspoređen prema Poasonovoj raspodeli, i fazi logički kontroler ugrađen u model omogućava da se kontroliše broj angažovanih radnika. Sistem masovnog opsluživanja sa čekanjem ima sledeće karakteristike [1]:

- sistem opsluživanja ima  $n$  kanala opsluživanja,
- sistem ima  $\infty$  mesta u redu za čekanje,
- ulazak potok klijenata je prost Poasonov potok sa intenzitetom  $\lambda$ ,
- potok opsluženih klijenata iz svakog kanala je prost potok sa intenzitetom  $\mu$ .

Analizirana šalter sala podleže pod *First Come, First Serve* disciplinu opsluge, i snimanje je izvršeno tokom jednog radnog dana u periodu od 7 do 19 časova, na diskretizovanim intervalima od po 30 minuta. Maksimalni kapacitet šalter sale je 8 šaltera.

Tokom jednodnevnog snimanja sistema zabeleženi su sledeći parametri. Parametar  $\lambda$  se odnosi na intenzitet nailaska korisnika u Poštu, i to izražen u minutima,  $t_{ops}$  predstavlja srednje vreme opsluge klijenata u posmatranom periodu, i takođe izraženo u minutima, a  $n$  je broj aktivnih šaltera u posmatranom periodu.

Optimalan broj potrebnih kanala opsluge,  $n_{opt}$ , je onaj koji bi za date ulazne parametre zadovoljio kriterijum kvaliteta opsluživanja (vreme čekanja u redu mora biti manje od srednjeg vremena opsluge):  $\bar{t}_r < \bar{t}$  (jednačina 1) [4]:

$$\bar{t}_r < \bar{t} \Rightarrow \bar{d}_r < \rho \quad (1)$$

$$\frac{\alpha}{(1-\alpha)^2} p_n = \frac{\frac{\rho}{n}}{(1-\frac{\rho}{n})^2} \frac{\frac{\rho^n}{n!}}{\sum_{i=0}^{n-1} \frac{\rho^i}{i!} + \frac{\rho^n}{(n-1)!(n-\rho)}} < \rho \quad \alpha < 1$$

Gde su:

$\rho$  - srednji broj klijenata koji pristupaju u sistem masovnog opsluživanja za srednje vreme opsluživanja jednog korisnika,

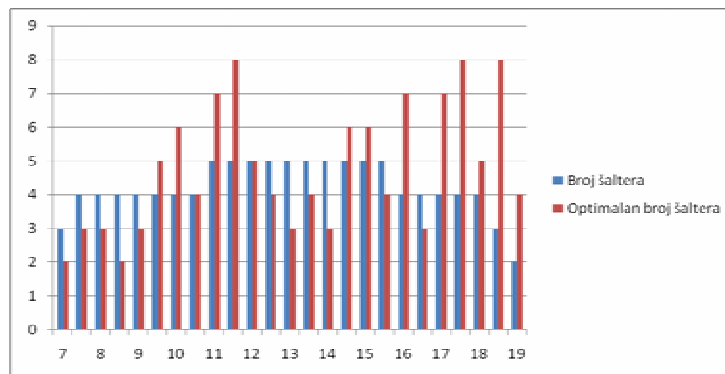
$\alpha$  - srednji broj korisnika koji pristupaju sistemu masovnog opsluživanja za srednje vreme opsluživanja jednog korisnika pomoću svih kanala,

$\bar{d}_r$  - srednja dužina reda,

$p_n$  - verovatnoća da se sistem nađe u stanju kada su svi šalteri zauzeti.

Navedene formule imaju smisla samo ako je ispunjen uslov da je  $\alpha < 1$ , tj. kada je srednji broj opsluženih klijenata u jedinici vremena, na svim kanalima, veći od srednjeg broja klijenata koji pristupaju u sistem opsluživanja u jedinici vremena, u protivnom imamo sistem za zagušenjem.

Grafik 1. pokazuje odnos stvarnog broja aktivnih šaltera i broja šaltera koji bi zadovoljili kriterijum kvalitetne opsluge. Obe vrednosti su prikazane u periodu od 7 do 19 časova sa inkrementom od 0.5h. Aktivni broj šaltera je dobijen brojanjem u samoj Pošti, a optimalan broj je dobijen primenom relacije (1). Optimalan broj šaltera će u ovom radu služiti za poređenje i tjuning fazi logičkog modela, kako bi se prognozirani broj potrebnih aktivnih šaltera sveo na neophodnu vrednost.



Slika 1. Raspodela broja aktivnih šaltera u toku radnog dana

Sa Grafika 1. se vidi da raspored radnika tj. broj aktivnih šaltera u većini slučajeva ne odgovara stvarnim potrebama. Mogu se uočiti vremenski intervali u kojima je broj aktivnih šaltera ispod neophodnog broja za ostvarivanje kvalitetne poštanske usluge, što dovodi do stvaranja velikih redova i nezadovoljstva klijenata. Sa druge strane

postoje intervali u kojima je ovaj broj iznad neophodnog, te se na taj način stvara nepotrební trošak za Poštu, jer radnici mogu biti preusmereni na neku drugu aktivnost i na taj način optimizirati iskorišćenje ljudskih resurasa. Upravo sa ciljem prevazilaženja ovakvih problema, u ovom radu je napravljen fazi logički model koji bi u realnom vremenu davao predikciju broja potrebnih, aktivnih šaltera u šalter sali Pošte.

#### 4. Wang Mendelov metod

Klasični ekspertni sistemi se razvijaju isključivo na osnovu informacija koje se dobijaju od eksperta. Oni najčešće mogu da ponude određene lingvističke informacije. Ali s druge strane, oni nisu baš uvek u stanju da pokažu i iskažu svo znanje i iskustvo koje poseduju i da kreiraju lingvistička pravila. Iz toga proizilazi da se često može dogoditi da se izuzetno bitne informacije izgube [5, 6].

Kada se izučava određeni fenomen, merenjem, posmatranjem ili statističkom analizom dolazi se do određenih uzoraka numeričkih informacija. Uzorci ulazno-izlaznih vrednosti obično nisu dovoljni da se isključivo na osnovu njih generišu fazi pravila, s obzirom da uglavnom ne pokrivaju veliki broj različitih situacija koje mogu da se jave u posmatranom sistemu.

Prilikom generisanja fazi pravila, neophodno je uzeti u obzir i numeričke i lingvističke informacije. Wang i Mendel su razvili metod (WM metod) za generisanje fazi pravila na osnovu numeričkih i lingvističkih informacija.

Prvi korak u okviru WM metode je definisanje ulaznih i izlaznih promenljivih. Nakon toga se vrši podela domena na intervale. U najvećem broju slučajeva domeni promenljivih su podeljeni na različit broj intervala. Podelu domena na intervale je moguće izvršiti na veliki broj različitih načina.

Sledeći korak je generisanje fazi pravila na osnovu numeričkih podataka. Za svaki od ulazno-izlaznih parova potrebno je odrediti stepen pripadnosti fazi skupovima koji prekrivaju pojedine intervale. Po izračunavanju stepena pripadnosti pojedinim fazi skupovima razmatrane vrednosti se pridružuju fazi skupovima kojima pripadaju sa najvećim stepenom pripadnosti.

U sledećem koraku se iz jednog ulazno-izlaznog para podataka generiše jedno pravilo. Prvi ulazno-izlazni par će da generiše Pravilo 1, drugi će Pravilo 2, itd. Na ovaj način se iz svakog para generiše jedno pravilo. Slični parovi ulazno-izlaznih podataka generišu isto fazi pravilo.

Analiziranjem ulazno-izlaznih parova podataka može da se uoči da su pojedini parovi veoma reprezentativni i izuzetno važni, dok su drugi parovi podataka potpuno beznačajni. Poneki od njih predstavljaju i grešku nastalu merenjem ili prikupljanjem podataka. Wang i Mendel su sugerisali da ukoliko želimo možemo svakom paru podataka da pridružimo stepen uverenosti u ispravnost i korisnost podataka. Na taj način parovi podataka mogu da formiraju fazi skup korisnih podataka i da mu pripadaju sa odgovarajućim stepenom pripadnosti određenim od strane eksperta.

Najčešće, raspoloživi parovi nisu dovoljni da pokriju sve različite situacije koje mogu da se dese u određenim sistemima. Baza fazi pravila je utoliko kompletnija ukoliko je broj različitih ulazno-izlaznih parova podataka veći. Baza fazi pravila može da bude dopunjena dodatnim fazi pravilima generisanim od strane eksperta.

Uloga eksperta se ne sastoji samo u generisanju dodatnih pravila koja ne bi mogla da budu generisana na osnovu raspoloživih numeričkih podataka. Wang i Mendel su naznačili da „realni numerički podaci imaju različitu verodostojnost, što znači da pojedini podaci mogu da budu veoma loši (divlji podaci)“. Samim tim, generisanje baze fazi pravila isključivo na osnovu numeričkih podataka bez aktivnog učešća eksperta može u određenim slučajevima da proizvede veoma loše rezultate [6].

Prikazana procedura predstavlja istovremeno generisanje baze fazi pravila na osnovu numeričkih podataka i na osnovu znanja eksperta. Na ovaj način se koriste i numeričke i lingvističke informacije za generisanje fazi pravila. Fazi pravila se generišu na osnovu učenja iz primera. Sa povećanjem broja ulazno-izlaznih podataka baza fazi pravila postaje sve ispunjenija. U određenim situacijama sa dobijanjem novih ulazno-izlaznih podataka menjaju i pojedina pravila u bazi. U bazu pravila ulaze uvek pravila sa najvećim stepenom pripadnosti.

## 5. Primena Wang Mendelovog modela

Klasični ekspertni sistemi su razvijani isključivo na osnovu lingvističkih informacija dobijenih od eksperta. Međutim, fazi logički sistem možemo projektovati i na osnovu numeričkih informacija. Numeričke informacije u vezi određenog fenomena se dobijaju na osnovu merenja, posmatranja i statističke analize. U tom slučaju ne prikupljamo "ekspertska znanja". Bazu fazi pravila je najbolje generisati uzimajući u obzir i lingvističke i numeričke informacije. U rešavanju ovog problema korišćen je Wang-Mendelov metod za razvoj fazi logičkog sistema. U Tabeli 1. prikazano je 26 ulazno-izlaznih parova  $\{(\lambda(1), t(1); n(1)), (\lambda(2), t(2); n(2)), \dots, (\lambda(26), t(26); n(26))\}$  koji su dobijeni snimanjem stvarnog stanja u Pošti 11147.

Tabela 1. *Ulazno – izlazni parovi*

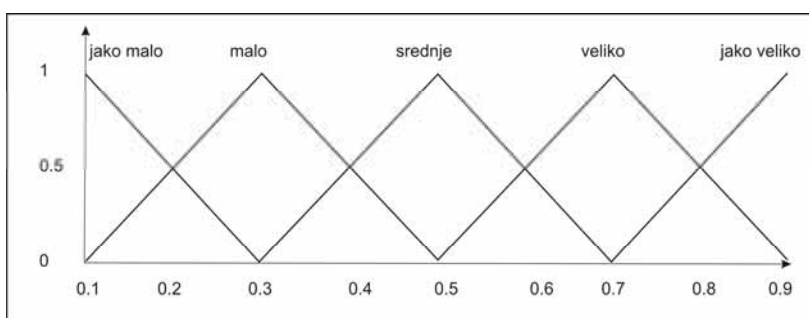
	$\lambda$	$t_{ops}$	$n$
1	0.1000	4	2
2	0.1667	7	3
3	0.2667	5	3
4	0.3000	3	2
5	0.4667	3	3
6	0.5333	6	5
7	0.5000	8	6
8	0.7000	4	4
9	0.7333	7	7
10	0.6667	9	8
11	0.5667	6	5
12	0.5000	5	4
13	0.3667	4	3
14	0.5333	5	4
15	0.4	4	3
16	0.6000	8	6
17	0.6333	7	6
18	0.6667	4	4
19	0.6667	8	7
20	0.7000	2	3
21	0.8000	7	7
22	0.9000	7	8
23	0.8667	4	5
24	0.8000	8	8
25	0.7000	3	4
26	0.4333	4	3

U prvom koraku, na osnovu prikupljenih podataka, određeni su domeni ulaznih promenljivih  $\lambda$  i  $t_{ops}$ , kao i izlazne promenljive  $n$ .

Tabela 2. *Varijable i domeni*

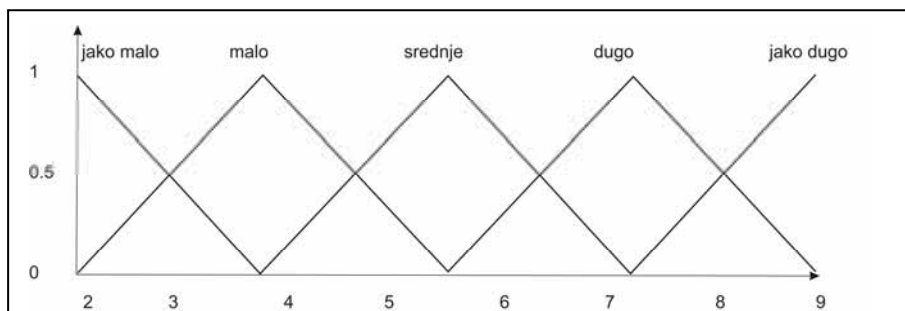
Varijable	Domeni
$\lambda$	[0.1, 0.9 ]
$t_{ops}$	[2, 9 ]
$n$	[2, 8 ]

U narednom koraku, domene ovih promenljivih je potrebno prekriti određenim brojem fazi skupovima. Domen ulazne promenljive  $\lambda$  je pokriven sledećim fazi skupovima:



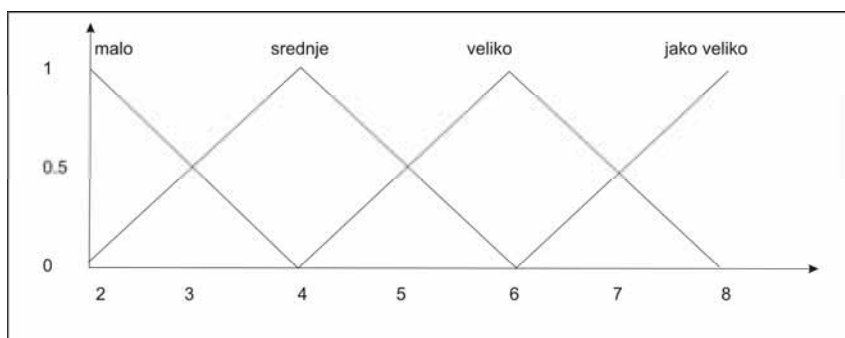
Slika 1. *Ulazna promenljiva  $\lambda$*

Domen ulazne promenljive  $t_{ops}$  je pokriven sledećim fazi skupovima:



Slika 2. *Ulazna promenljiva  $t_{ops}$*

Domen izlazne promenljive  $n$  je pokriven sledećim fazi skupovima:



Slika 3. Izlazna promenljiva  $n$

Nakon ove analize moguće je formirati bazu fazi pravila:

Prvi ulazno-izlazni par  $(\lambda^{(1)}, t_{ops}^{(1)}; n^{(1)})$ :

- $\lambda^{(1)} = 0.100$  sa najvećim stepenom pripadnosti pripada fazi skupu **jako\_malo**
- $t_{ops}^{(1)} = 4$  sa najvećim stepenom pripadnosti pripada fazi skupu **malo**
- $n^{(1)} = 2$  sa najvećim stepenom pripadnosti pripada fazi skupu **malo**

Istom analizom za ostale ulazno-izlazne parove dolazimo do fazi logičkog sistema:

- $(\lambda^{(1)}, t_{ops}^{(1)}, n^{(1)})$  **Pravilo 1.** If  $\lambda$  is **jako\_malo** and  $t_{ops}$  is **malo** Then  $n$  is **malo**
- $(\lambda^{(2)}, t_{ops}^{(2)}, n^{(2)})$  **Pravilo 2.** If  $\lambda$  is **jako\_malo** and  $t_{ops}$  is **dugo** Then  $n$  is **srednje**
- $(\lambda^{(3)}, t_{ops}^{(3)}, n^{(3)})$  **Pravilo 3.** If  $\lambda$  is **malo** and  $t_{ops}$  is **srednje** Then  $n$  is **srednje**
- $(\lambda^{(4)}, t_{ops}^{(4)}, n^{(4)})$  **Pravilo 4.** If  $\lambda$  is **malo** and  $t_{ops}$  is **malo** Then  $n$  is **malo**
- $(\lambda^{(5)}, t_{ops}^{(5)}, n^{(5)})$  **Pravilo 5.** If  $\lambda$  is **srednje** and  $t_{ops}$  is **malo** Then  $n$  is **srednje**
- $(\lambda^{(6)}, t_{ops}^{(6)}, n^{(6)})$  **Pravilo 6.** If  $\lambda$  is **srednje** and  $t_{ops}$  is **srednje** Then  $n$  is **srednje**
- $(\lambda^{(7)}, t_{ops}^{(7)}, n^{(7)})$  **Pravilo 7.** If  $\lambda$  is **srednje** and  $t_{ops}$  is **dugo** Then  $n$  is **veliko**
- $(\lambda^{(8)}, t_{ops}^{(8)}, n^{(8)})$  **Pravilo 8.** If  $\lambda$  is **veliko** and  $t_{ops}$  is **malo** Then  $n$  is **srednje**
- $(\lambda^{(9)}, t_{ops}^{(9)}, n^{(9)})$  **Pravilo 9.** If  $\lambda$  is **veliko** and  $t_{ops}$  is **dugo** Then  $n$  is **veliko**
- $(\lambda^{(10)}, t_{ops}^{(10)}, n^{(10)})$  **Pravilo 10.** If  $\lambda$  is **veliko** and  $t_{ops}$  is **jako\_dugo** Then  $n$  is **jako\_veliko**
- $(\lambda^{(11)}, t_{ops}^{(11)}, n^{(11)})$  **Pravilo 11.** If  $\lambda$  is **srednje** and  $t_{ops}$  is **dugo** Then  $n$  is **srednje**
- $(\lambda^{(12)}, t_{ops}^{(12)}, n^{(12)})$  **Pravilo 12.** If  $\lambda$  is **srednje** and  $t_{ops}$  is **srednje** Then  $n$  is **srednje**
- $(\lambda^{(13)}, t_{ops}^{(13)}, n^{(13)})$  **Pravilo 13.** If  $\lambda$  is **malo** and  $t_{ops}$  is **malo** Then  $n$  is **malo**
- $(\lambda^{(14)}, t_{ops}^{(14)}, n^{(14)})$  **Pravilo 14.** If  $\lambda$  is **srednje** and  $t_{ops}$  is **srednje** Then  $n$  is **srednje**
- $(\lambda^{(15)}, t_{ops}^{(15)}, n^{(15)})$  **Pravilo 15.** If  $\lambda$  is **malo** and  $t_{ops}$  is **malo** Then  $n$  is **malo**
- $(\lambda^{(16)}, t_{ops}^{(16)}, n^{(16)})$  **Pravilo 16.** If  $\lambda$  is **veliko** and  $t_{ops}$  is **jako\_dugo** Then  $n$  is **veliko**
- $(\lambda^{(17)}, t_{ops}^{(17)}, n^{(17)})$  **Pravilo 17.** If  $\lambda$  is **veliko** and  $t_{ops}$  is **dugo** Then  $n$  is **veliko**
- $(\lambda^{(18)}, t_{ops}^{(18)}, n^{(18)})$  **Pravilo 18.** If  $\lambda$  is **veliko** and  $t_{ops}$  is **malo** Then  $n$  is **srednje**
- $(\lambda^{(19)}, t_{ops}^{(19)}, n^{(19)})$  **Pravilo 19.** If  $\lambda$  is **veliko** and  $t_{ops}$  is **jako\_dugo** Then  $n$  is **jako\_veliko**
- $(\lambda^{(20)}, t_{ops}^{(20)}, n^{(20)})$  **Pravilo 20.** If  $\lambda$  is **veliko** and  $t_{ops}$  is **jako\_malo** Then  $n$  is **srednje**
- $(\lambda^{(21)}, t_{ops}^{(21)}, n^{(21)})$  **Pravilo 21.** If  $\lambda$  is **veliko** and  $t_{ops}$  is **dugo** Then  $n$  is **veliko**
- $(\lambda^{(22)}, t_{ops}^{(22)}, n^{(22)})$  **Pravilo 22.** If  $\lambda$  is **jako\_veliko** and  $t_{ops}$  is **dugo** Then  $n$  is **jako\_veliko**
- $(\lambda^{(23)}, t_{ops}^{(23)}, n^{(23)})$  **Pravilo 23.** If  $\lambda$  is **jako\_veliko** and  $t_{ops}$  is **malo** Then  $n$  is **srednje**
- $(\lambda^{(24)}, t_{ops}^{(24)}, n^{(24)})$  **Pravilo 24.** If  $\lambda$  is **veliko** and  $t_{ops}$  is **jako\_dugo** Then  $n$  is **jako\_veliko**



$(\lambda^{(25)}, t_{ops}^{(25)}, n^{(25)})$  **Pravilo 25.** If  $\lambda$  is **veliko** and  $t_{ops}$  is **jako\_malo** Then  $n$  is **srednje**  
 $(\lambda^{(26)}, t_{ops}^{(26)}, n^{(26)})$  **Pravilo 26.** If  $\lambda$  is **srednje** and  $t_{ops}$  is **malo** Then  $n$  is **srednje**

Među datim pravilima ima istih i konfliktnih pravila (pravila sa istim premisama i različitim konsekvencama). Pravila 13 i 15 su ista kao pravilo 4, pravila 12 i 14 su ista kao pravilo 6, dok je pravilo 26 identično kao pravilo 5. Pravilo 8 i pravilo 18 su ista, a pravilo 9 je ponovljeno dva puta kroz pravila 17 i 21. Konačno, pravilo 10 je identično kao pravila 19 i 24. U slučaju identičnih pravila dovoljno je usvojiti samo jedno od njih.

Pravila 7 i 11, kao i pravila 10 i 16 su konfliktna pravila. Kod konfliktnih pravila je potrebno da se usvoji ono sa većim stepenom pravila, tako da su u konkretnom slučaju stepeni pravila:

$$D(\text{Pravilo 7}) = \mu_{\text{SREDNJE}}(\lambda) \mu_{\text{DUGO}}(t) \mu_{\text{VELIKO}}(n) = 1 * 0.5 * 1 = 0.500$$

$$D(\text{Pravilo 11}) = \mu_{\text{SREDNJE}}(\lambda) \mu_{\text{DUGO}}(t) \mu_{\text{SREDNJE}}(n) = 0.6 * 0.75 * 0.5 = 0.225$$

$$D(\text{Pravilo 10}) = \mu_{\text{VELIKO}}(\lambda) \mu_{\text{JAKO\_DUGO}}(t) \mu_{\text{JAKO\_VELIKO}}(n) = 0.6 * 1 * 0.6 = 0.360$$

$$D(\text{Pravilo 16}) = \mu_{\text{VELIKO}}(\lambda) \mu_{\text{JAKO\_DUGO}}(t) \mu_{\text{VELIKO}}(n) = 0.5 * 0.6 * 1 = 0.3$$

S obzirom da je  $D(\text{Pravilo 7}) > D(\text{Pravilo 11})$  i da je  $D(\text{Pravilo 10}) > D(\text{Pravilo 16})$ , pravila 7 i 10 ulaze u bazu fazi pravila. Nakon eliminacije istih i konfliktnih pravila, bazu pravila čine 14 pravila.

$(\lambda^{(1)}, t_{ops}^{(1)}, n^{(1)})$  **Pravilo 1.** If  $\lambda$  is **jako\_malo** and  $t_{ops}$  is **malo** Then  $n$  is **malo**  
 $(\lambda^{(2)}, t_{ops}^{(2)}, n^{(2)})$  **Pravilo 2.** If  $\lambda$  is **jako\_malo** and  $t_{ops}$  is **dugo** Then  $n$  is **srednje**  
 $(\lambda^{(3)}, t_{ops}^{(3)}, n^{(3)})$  **Pravilo 3.** If  $\lambda$  is **malo** and  $t_{ops}$  is **srednje** Then  $n$  is **srednje**  
 $(\lambda^{(4)}, t_{ops}^{(4)}, n^{(4)})$  **Pravilo 4.** If  $\lambda$  is **malo** and  $t_{ops}$  is **malo** Then  $n$  is **malo**  
 $(\lambda^{(5)}, t_{ops}^{(5)}, n^{(5)})$  **Pravilo 5.** If  $\lambda$  is **srednje** and  $t_{ops}$  is **malo** Then  $n$  is **srednje**  
 $(\lambda^{(6)}, t_{ops}^{(6)}, n^{(6)})$  **Pravilo 6.** If  $\lambda$  is **srednje** and  $t_{ops}$  is **srednje** Then  $n$  is **srednje**  
 $(\lambda^{(7)}, t_{ops}^{(7)}, n^{(7)})$  **Pravilo 7.** If  $\lambda$  is **srednje** and  $t_{ops}$  is **dugo** Then  $n$  is **veliko**  
 $(\lambda^{(8)}, t_{ops}^{(8)}, n^{(8)})$  **Pravilo 8.** If  $\lambda$  is **veliko** and  $t_{ops}$  is **malo** Then  $n$  is **srednje**  
 $(\lambda^{(9)}, t_{ops}^{(9)}, n^{(9)})$  **Pravilo 9.** If  $\lambda$  is **veliko** and  $t_{ops}$  is **dugo** Then  $n$  is **veliko**  
 $(\lambda^{(10)}, t_{ops}^{(10)}, n^{(10)})$  **Pravilo 10.** If  $\lambda$  is **veliko** and  $t_{ops}$  is **jako\_dugo** Then  $n$  is **jako\_veliko**  
 $(\lambda^{(20)}, t_{ops}^{(20)}, n^{(20)})$  **Pravilo 20.** If  $\lambda$  is **veliko** and  $t_{ops}$  is **jako\_malo** Then  $n$  is **srednje**  
 $(\lambda^{(22)}, t_{ops}^{(22)}, n^{(22)})$  **Pravilo 22.** If  $\lambda$  is **jako\_veliko** and  $t_{ops}$  is **dugo** Then  $n$  is **jako\_veliko**  
 $(\lambda^{(23)}, t_{ops}^{(23)}, n^{(23)})$  **Pravilo 23.** If  $\lambda$  is **jako\_veliko** and  $t_{ops}$  is **malo** Then  $n$  is **srednje**  
 $(\lambda^{(25)}, t_{ops}^{(25)}, n^{(25)})$  **Pravilo 25.** If  $\lambda$  is **jako\_veliko** and  $t_{ops}$  is **jako\_malo** Then  $n$  is **srednje**

Veoma često, dostupni ulazno-izlazni parovi podataka nisu dovoljni da se 'pokriju' sve raznorodne situacije koje mogu da se dogode u razmatranom sistemu. Baza fazi pravila je kompletnija ukoliko je broj ovih parova veći. U cilju ostvarivanja boljih rezultata, baza fazi pravila bi trebalo da bude dopunjena sa dodatnim fazi pravilima generisanim od strane eksperata. Konačna baza fazi pravila u slučaju određivanja

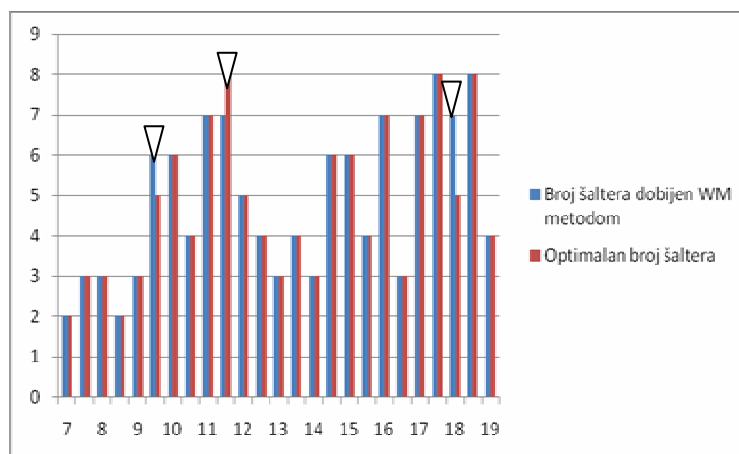
potrebnog broja aktivnih šaltera u šalter sali Pošte je prikazana u Tabeli 3. Fazi pravila koja su generisana od strane eksperta su podvučena.

Tabela 3. Konačna baza fazi pravila

$\lambda$	<b>JM</b>	<u>M</u>	M	<u>M</u>	S	<u>S</u>
	<b>M</b>	<u>M</u>	M	S	<u>V</u>	<u>V</u>
	<b>S</b>	<u>M</u>	S	S	<u>V</u>	<u>V</u>
	<b>V</b>	<u>S</u>	S	<u>V</u>	V	<u>JV</u>
	<b>JV</b>	S	S	<u>V</u>	JV	<u>JV</u>
		<b>JM</b>	<b>M</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>JD</b>
		$t_{ops}$				

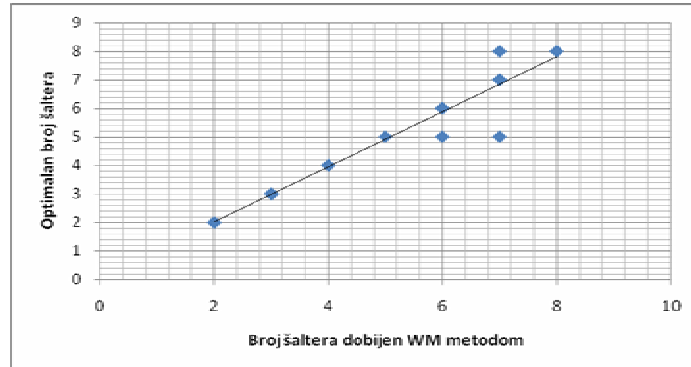
## 6. Rezultati

Primenjujući softver Matlab i fazi logic toolbox dobijeni su podaci o ocenjenoj vrednosti potrebnih broja šaltera u šalter sali Pošte. Ovi podaci su prikazani na Grafiku 2.



Grafik 2. Podaci o ocenjenoj vrednosti potrebnih broja šaltera u šalter sali Pošte

Izložena procedura predstavlja istovremeno generisanje baze fazi pravila na osnovu numeričkih podataka i na osnovu znanja eksperta. Sa Grafika 2. se uočava da je fazi logički sistem napravio izvesna odstupanja od optimalnog rešenja u samo tri slučaja. Optimalan broj aktivnih šaltera je pronađen u 23 slučaja, dok je u preostala tri slučaja ovaj broj bio niži, tj. viši od optimalnog. Ova činjenica je veoma ohrabrujuća za dalje implementacije modela. Ostvareni rezultati pokazuju da predloženi model može biti korišćen za optimizacije šalterskih službi, ili službi operatera u call centru, tj. u svim onim službama gde je glavni cilj da se smanji broj zaposlenih uz održavanje visokog kvaliteta ostvarene usluge.



Grafik 3. Linearna interpretacija dobijenih rezultata

Wang Mendelov metod je dao dobre rezultate usled činjenice da kada je kreirana baza podataka koršćeni su relevantni numerički podaci, kao i znanja eksperata iz ove oblasti.

## 7. Zaključak

Optimizacija alterske mreže je izuzetno kompleksan zadatak koji zahteva multidisciplinarni pristup rešavanju problema. Ta kompleksnost proizilazi iz potrebe za velikim brojem aktivnosti iz različitih oblasti kao što je strateški plan, priprema koja obuhvata mapiranje područja, prikupljanje statističkih podataka, primenu softverskih paketa i odabrane metode prognoziranja.

Cilj svake Pošte je naravno pružanje usluge korisnicima. Ali ne može se zanemariti pitanje kakvu uslugu pružaju: kvalitetnu ili ne. S druge strane, cilj alterskog segmenta je profitabilnost. Svaka alterska mreža je skupa, a zahteva se kvalitetno opsluživanje korisnika. Alterski segment kao deo poštanske mreže radi u uslovima velike ekspanzije na tržištu sa veoma visokim fiksnim troškovima poslovanja i sa izuzetno jakim uticajem sve veće konkurencije.

Kvalitetna usluga podrazumeva da je vreme potrebno za pružanje usluge minimalno kao i da je vreme provedeno u redu manje od vremena potrebnog za pružanje usluge. Ali danas je izuzetno teško ispuniti oba uslova kvaliteta. U radu je ukazano na to da je, s jedne strane, neophodno obezbediti potreban broj radnika/operatora u svakom trenutku radi kvalitetne opsluge, ali, s druge strane, mora se poneti rešenje kako da u svakom trenutku svi radnici budu maksimalno iskorisćeni. Iz ovoga može se zaključiti da je potrebno pronaći pravi broj alterskih radnika koji će ispuniti te uslove, a to je u ovom radu urađeno primenom Wang Mendelovog metoda. Ovaj metod služi za generisanje fazi pravila na osnovu numeričkih i lingvističkih informacija.

Rezultati dobijeni u radu pokazuju jako mala odstupanja u odnosu na optimalan broj altera koji je potreban da se zadovolji kvalitet poštanske usluge. Kvalitet ostvarenih i prikazanih rešenja je posledica činjenice da je fazi logički model prilagodjavan i tjuniran tokom kreiranja samog modela. Ova prilagodjavanja se ogledaju

kroz popunjavanje baze fazi pravila novim pravilima dobijenim od strane eksperata. Kombinovanjem lingvističkih i numeričkih podataka dobijen je model koji se može koristiti u praksi za optimizaciju broja aktivnih altera u Pošti.

#### **Literatura**

- [1] Vukadinović, S., Masovno opsluživanje, Naučna knjiga, Beograd, 1990.
- [2] Kavran, Z. Rakić E. Mostarac, K. Evaluation model of postal services, Proceedings of First International Conference on Traffic and Transport Engineering, Belgrade, 509-506 2012.
- [3] Marković, D. Grgurović, B. Poštanski saobraćaj, Beograd, Saobraćajni fakultet, 2006.
- [4] Sučević, D. Operaciona istraživanja u PTT, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1996.
- [5] Teodorović, D., Vukadinović, K. Traffic Control and Transport Planning: A Fuzzy Sets and Neural Networks Approach, Kluwer Academic Publishers, Boston-Dordrecht-London, 1998.
- [6] Teodorović, D., Šelmić, M. Računarska inteligencija u saobraćaju, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2012.

**Abstract:** Public Enterprise of PTT Communications “Srbija” can be considered as the queuing system. With the aim to improve the whole system, the number of employees should be optimized. The unchangeable number of employees in such systems makes insufficient utilization of labor force when the demand is low, but it makes long queues of customers in condition of the peak workload. In this paper the model for managing of active employees at post counters is developed. The model is based on fuzzy logic and queuing theory. The number of queues, i.e. the number of needed post counters is the variable, which is defined by fuzzy logic and based on the length of the queue.

**Keywords:** *post counters, fuzzy logic, queuing systems*

#### **FUZZY LOGIC SYSTEM FOR DEFINING THE NUMBER OF ACTIVE COUNTERS IN POST OFFICE**

Milila Šelmić, Dragana Macura, Ranko Nedeljković, Branka Dimitrijević