FBIM Transactions
DOI 10.12709/fbim.03.03.01.02

MODEL FINANSIJSKIH TROŠKOVA ANGAŽOVANJA TEHNIČARA U REALIZACIJI POSLOVA NA FAKULTETU

MODEL OF FINANCIAL COSTS OF TECHNICIANS' ENGAGEMENT IN ACTIVITIES REALIZATION ON THE FACULTY

Aleksandar Lebl
IRITEL A.D., Beograd, Srbija

Dragan Mitić
IRITEL A.D., Beograd, Srbija

© MESTE NGO

JEL category: **C2, J3**

Apstrakt

U ovom radu se analizira model izvršavanja jednostavnijih zahteva (tj. zahteva koje bi u potpunosti mogli da obrade tehničari) u procesu nastave na fakultetu. Model obuhvata aktivnosti profesora, asistenata i tehničara pri generisanju i izvršavanju ovih zahteva. Obradu zahteva prvenstveno vrše tehničari, a ako su oni svi već zauzeti, obradu preuzima neko od asistenata. Nove zahteve generišu profesori i asistenti, koji nisu angažovani obradom zahteva. Prikazani su analitički model i originalno razvijeni simulacioni model. Koristeći rezultate simulacije, prikazani su potrebni troškovi za obradu jednostavnijih zahteva na fakultetu za nekoliko simuliranih sistema. Takođe je prikazana relativna promena troškova pri promeni broja angažovanih tehničara ako su ostali parametri analiziranog sistema nepromenjeni.

Ključne reči: *proces nastave, Markovljev proces, angažovanje tehničara, simulacioni model, troškovi*

Adresa autora zaduženog za korespodenciju:
Aleksandar Lebl
lebl@iritel.com

Abstract

In this paper we analyze the model of processing of simpler requests (i.e. requests, which can be completely processed by technicians) in the teaching process on the faculty. The model includes *the activities of professors, assistants and technicians when generating and processing the requests. Processing of the requests is primarily done by technicians, and if they are already engaged, some of the assistants take over processing. Professors and assistants, who are not occupied by processing of the requests, generate new requests. Analytical model and originally developed simulation model are presented. Using the results of simulation, we present necessary costs of processing simpler requests on the faculty for several simulated systems. Also we present relative variation of costs when changing the number of engaged technicians if other parameters of analyzed system are unchanged.*

Keywords: teaching process, Markov process, technicians' engagement, simulation model, costs

1. UVOD

Proces nastave na fakultetu može se analizirati sa mnogo različitih aspekata. Može se analizirati kvalitet nastave na fakultetu, kvalitet testiranja i ocenjivanja studenata, kvalitet organizacije nastave, itd. Za dostizanje odgovarajućeg kvaliteta u svim ovim elementima od značaja je prvenstveno rad profesora i, zatim, asistenata, ali isto tako i nenastavnog osoblja, prvenstveno tehničara. Tehničari su ispomoć pri izvršavanju poslova na fakultetu i cilj njihovog angažovanja je da se asistenti što više rasterete od rada na relativno prostijim poslovima, koje mogu obaviti i tehničari. Pored rasterećenja asistenata, time se postiže i ušteda materijalnih troškova. Cilj ovoga rada je da se prikaže model za proračun osnovnih parametara angažovanja asistenata i tehničara na izvršavanju relativno jednostavnijih poslova i, na osnovu toga, proračun potrebnih materijalnih troškova. Na taj način upravlja se ljudskim resursima i njihovim angažovanjem i, takođe, finansijskim sredstvima.

2. KRATAK PRIKAZ SISTEMA MASOVNOG OPSLUŽIVANJA

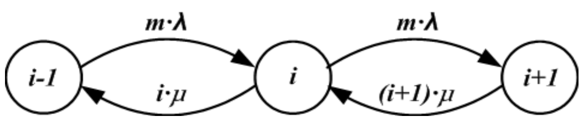
Poznato je da se sistemi u kojima dolazi do generisanja zahteva i njihovog izvršavanja mogu prikazivati i rešavati primenom Markovljevih procesa rađanja i umiranja (Kleinrock, 1975), (Petrović, Petrović, & Marinković, 2008). Rešavanje ovakvih sistema pada u domen teorije masovnog opsluživanja, ili teorije redova, kako se još ova oblast naziva. Za sisteme masovnog opsluživanja karakteristično je da su moguće samo dve promene stanja sistema: da dođe do generisanja novog zahteva (tj. do rađanja) ili do završetka obrade zahteva (tj. do umiranja). U jednom trenutku vremena može se desiti samo jedan od sledećih događaja: generisati jedan novi zahtev, završiti obrada jednog zahteva, ili sistem može ostati u nepromenjenom stanju. Ako se u nekom trenutku vremena sistem nalazi u stanju *i*, rađanjem zahteva sistem prelazi u stanje *i+1*, dok umiranjem prelazi u stanje *i-1*.

Sistemi masovnog opsluživanja dele se na sisteme bez čekanja i sisteme sa čekanjem. Ukoliko broj zahteva prevaziđe broj kanala opsluživanja, u sistemima bez čekanja zahtev se gubi. Zahtev se gubi i u sistemima sa čekanjem ako su popunjena sva predviđena mesta u redu za čekanje. Zahtev se upućuje u red za čekanje ako se radi o sistemima masovnog opsluživanja sa čekanjem, pod uslovom da ima mesta u redu za čekanje. U ovom radu razmatra se takav sistem opsluživanja u kome je broj mogućih kanala za obradu zahteva takav da je verovatnoća čekanja zanemarljiva.

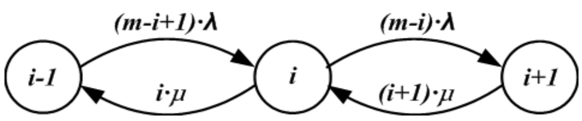
Još jedan bitan element ovakvih modela je koliko promenljivih veličina karakteriše jedno stanje sistema, tako da postoje jednodimenzioni, dvodimenzioni, trodimenzioni, itd. sistemi. U jednodimenzionim sistemima svako stanje sistema definisano je trenutnim brojem elemenata jedne vrste (u oznaci {*i*}, gde je trenutni broj prisutnih elemenata u sistemu *i*). Ukoliko su sistemi dvodimenzioni, svako stanje sistema opisano je brojem elemenata dve vrste (u oznaci {*i,j*}, gde je trenutni broj elemenata prve vrste u sistemu *i*, a druge vrste *j*). Broj promenljivih veličina može biti i veći. U ovom radu analizirani su dvodimenzioni sistemi.

Sistem se još karakteriše brojem kanala opsluživanja, tj. time koliko zahteva istovremeno može da bude obrađivano i brojem mogućih izvora saobraćaja. Broj izvora saobraćaja može biti znatno veći od predviđenog broja kanala opsluživanja. U tom slučaju može se smatrati da broj mogućih slobodnih izvora saobraćaja u nekom stanju sistema ne zavisi od toga koliko je izvora saobraćaja trenutno angažovano. Ovo su takozvani Erlangovi sistemi masovnog opsluživanja. Ukoliko broj izvora saobraćaja nije znatno veći od broja kanala opsluživanja, broj mogućih slobodnih izvora saobraćaja smanjuje se za jedan sa angažovanjem svakog slobodnog izvora saobraćaja. Ovo su Engsetovi modeli sistema masovnog opsluživanja i oni se analiziraju u ovom radu.

Sisteme masovnog opsluživanja karakterišu intenzitet kojim svaki slobodni izvor saobraćaja generiše zahteve (λ) i intenzitet kojim svaki angažovani kanal opsluživanja završava obradu zahteva (μ). Neka je, dalje, ukupan raspoloživi broj izvora saobraćaja m, a ukupan raspoloživi broj kanala opsluživanja n. Posmatraćemo sada stanje $\{i\}$ u jednodimenzionom sistemu masovnog opsluživanja. Intenzitet generisanja zahteva, kojim sistem teži da pređe u stanje $\{i+1\}$, iznosiće $m \cdot \lambda$ ako se radi o Erlangovom sistemu opsluživanja (jer je u tom slučaju $m >> n$), odnosno $(m-i) \cdot \lambda$ ako se radi o Engsetovom sistemu opsluživanja. Intenzitet završetka obrade zahteva iznosiće $i \cdot \mu$ za oba sistema opsluživanja, pri čemu sistem prelazi u stanje $\{i-1\}$. Pored ovih mogućih prelazaka sistema, koja predstavljaju napuštanje stanja $\{i\}$, mogući su i prelasci iz susednih stanja $\{i-1\}$ (generisanjem novog zahteva) ili $\{i+1\}$ (završetkom obrade zahteva) u stanje $\{i\}$. Grafički prikaz ovog dela sistema dat je na slici 1 za Erlangov (1a) i Engsetov (1b) sistem masovnog opsluživanja.



1a



1b

Sl. 1 Modeli sistema masovnog opsluživanja:
1a – Erlangov model
1b – Engsetov model

Verovatnoće pojedinih stanja u sistemu masovnog opsluživanja rešavaju se postavljanjem sistema jednačina, koji prikazuje verovatnoće pojedinih stanja sistema u nekom trenutku vremena na osnovu verovatnoća stanja istog sistema u prethodnom trenutku vremena.

Posle dovoljno dugog vremena posmatranja sistem ulazi u stacionarno stanje kada su verovatnoće pojedinih stanja ne menjaju tokom vremena. U takvom slučaju dobija se sistem linearnih jednačina, koji se može prikazati u matričnom obliku kao

$$\mathbf{0} = \mathbf{P} \cdot \mathbf{A} \tag{1}$$

gde je **P** vektor verovatnoća pojedinih stanja sistema, a **A** je matrica intenziteta prelazaka između stanja sistema. Da bi se ovakav sistem jednačina rešio, koristi se dodatna jednačina

$$\sum_{i=0}^{m} p_i = 1 \tag{2}$$

gde $\sum_{i=0}^{m} p_i$ predstavlja sumu verovatnoća svih mogućih stanja sistema.

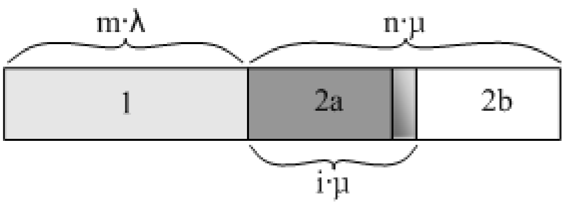
U opštem slučaju, broj linearnih jednačina u sistemu jednak je broju mogućih stanja sistema. Sa povećanjem broja stanja sistema, njegovo proračunavanje u analitičkom obliku postaje sve teže. Zato se često pribegava simulacionim modelima, koji omogućavaju proračun verovatnoća stanja sistema masovnog opsluživanja, a da se ne određuju analitički izrazi za njegove verovatnoće.

3. SIMULACIONI MODELI – GENERISANJE DOGAĐAJA

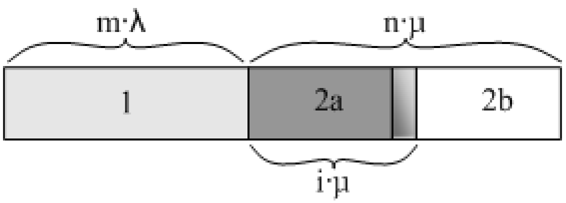
U slučaju da se pri modelovanju sistema masovnog opsluživanja odlučimo da koristimo simulacione modele, prvi korak je da se precizno definiše kako se generišu pojedini događaji u sistemu. Mogući događaji su generisanje novog zahteva, završetak obrade zahteva, i situacija da sistem ostane u nepromenjenom stanju (Markov, 2010).

Sam proces generisanja događaja započinje generisanjem slučajnog broja korišćenjem nekog generatora slučajnih brojeva sa uniformnom raspodelom. Danas se takvi generatori obično već nalaze u sklopu korišćenog programa za simulaciju. Sledeći korak je generisanje jednog od pomenuta tri moguća događaja na osnovu vrednosti generisanog slučajnog broja.

Proces generisanja događaja razlikuje se u slučaju simulacije Erlangovog i Engsetovog modela. Na slici 2a prikazana je podela celokupne moguće oblasti generisanih slučajnih brojeva ako se radi o Erlangovom modelu, a na slici 2b ako se radi o Engsetovom modelu.



2a



2b

Sl. 2 Proces generisanja događaja u sistemima masovnog opsluživanja: 2a – Erlangov model 2b – Engsetov model

Oblast 1 u raspodeli slučajnih brojeva na slici 2 odgovara generisanju novog zahteva, dok oblast 2 odgovara završetku obrade zahteva. Veličina ovih oblasti je u oba slučaja m·λ, odnosno n·μ. U slučaju Erlangovog modela, gde je m>>n, tokom celog procesa simulacije svaki generisani broj u oblasti 1 stvoriće novi zahtev. Ako se radi o Engsetovom modelu, gde nije m>>n, oblast 1 se u toku simulacije deli na dva dela: 1a i 1b. Broj, koji se generiše u oblasti 1a, stvoriće novi zahtev, dok broj u oblasti 1b neće promeniti trenutno stanje sistema. Oblast 1 obuhvata brojeve između 0 i (m-i)·λ, odnosno ona je promenljiva u toku simulacije i zavisi od trenutnog broja aktivnih kanala (i). Oblast 2 se u oba slučaja deli na dva dela: deo 2a, u kome se završava obrada zahteva, i deo 2b, u kome nema promene trenutnog stanja sistema. Veličina oblasti 2a je promenljiva u toku simulacije i nalazi se u oblasti brojeva između m·λ i m·λ+i·μ. Znači, ona zavisi od trenutnog broja zahteva, koji se nalaze u procesu obrade.

4. MODEL, OZNAKE I SKRAĆENICE

U sistemu nastave na fakultetu učestvuju profesori, asistenti i tehničari (Šuh, Mitić, Lebl-Antonić, & Lebl, 2014). Prilikom njegove realizacije često postoji potreba za izvođenjem relativno jednostavnih zadataka, koji mogu biti povereni tehničarima. Osnovna ideja je da tehničari obrađuju ovakve zahteve, koje su generisali profesori i asistenti. Time se ostavlja asistentima više vremena za obavljanje složenijih poslova. Međutim, ukoliko je broj angažovanih tehničara prevelik, često će se dešavati da broj postavljenih zahteva bude manji nego što oni mogu obraditi, odnosno oni će biti nedovoljno zaposleni. Zbog toga je dimenzionisanje potrebnog broja tehničara veoma značajno. Pravilno dimenzionisanje broja tehničara u procesu nastave znači da oni često neće biti nezaposleni, a u slučaju da se u nekim trenucima generiše veći broj zahteva od onog koji oni mogu da izvrše, dozvoljava se da te zahteve obrade asistenti.

Osnovne veličine, koje karakterišu ovakav sistem, su:

i_a - trenutan broj asistenata, angažovan na obradi postavljenih zahteva;

i_t – trenutan broj tehničara, angažovan na obradi postavljenih zahteva;

k – broj profesora, koji generišu zahteve u sistemu;

m – broj asistenata, koji generišu zahteve i, ukoliko je potrebno, obrađuju postavljene zahteve;

n – broj tehničara, koji obrađuju postavljene zahteve;

λ – intenzitet kojim zahteve generišu svaki profesor i svaki slobodni asistent, tj. asistent koji nije angažovan na obradi zahteva;

μ_a – intenzitet, kojim svaki asistent obrađuje postavljene zahteve;

μ_t – intenzitet, kojim svaki tehničar obrađuje postavljene zahteve.

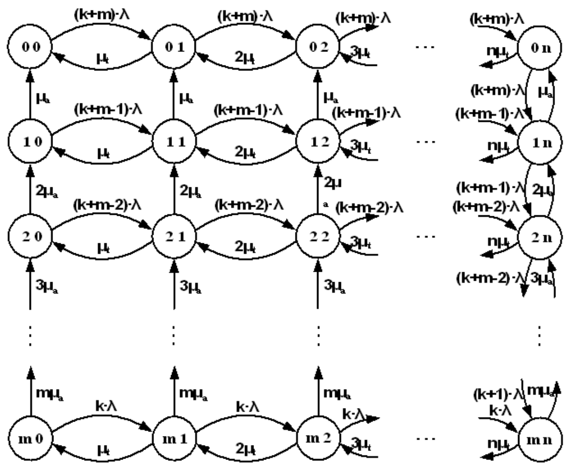
Sistem, koji se analizira, je dvodimenzioni, tj. svako stanje sistema karakteriše se trenutnim brojem asistenata i tehničara, angažovanih na obradi zahteva, što se prikazuje kao $\{i_a, i_t\}$.

Grafički prikaz jednog ovakvog sistema dat je na slici 3. Moguća stanja sistema definisana su brojevima 00 do *mn*, gde prvi broj predstavlja broj trenutno angažovanih asistenata na obradi postavljenih zahteva, dok drugi broj predstavlja trenutni broj angažovanih tehničara. Sistem se prikazuje Engsetovim modelom, jer je broj asistenata u sistemu relativno mali, tako da se može smatrati da angažovanje svakog asistenta na obradi postavljenih zahteva umanjuje njihovu mogućnost da generišu nove zahteve. Zato je, na primer, u stanju *{2,1}* intenzitet generisanja novih zahteva $(k+m-2)\cdot\lambda$, odnosno u ovom stanju zahteve mogu da postavljaju *k* profesora i *m-2* asistenta. Trenutni broj angažovanih tehničara (jedan) je manji od ukupnog broja angažovanih tehničara u sistemu (*n*), tako da se generisanjem novog zahteva prelazi u stanje *{2,2}*. Iz ovog stanja izlazi se, takođe, tako što tehničar završi obradu zahteva (prelazak u stanje *{2,0}* sa intenzitetom μ_t) ili tako što jedan od dva angažovana asistenta završi obradu zahteva (prelazak u stanje *{1,1}* sa intenzitetom $2\cdot\mu_a$). Svaki novi postavljeni zahtev daje se tehničaru na obradu sve dok ima slobodnih tehničara. Zbog toga posle generisanja novog zahteva nema prelaska u stanje sa većim brojem angažovanih asistenata nego što je njihov trenutan broj sve dok se broj trenutno angažovanih tehničara ne izjednači sa ukupnim brojem raspoloživih tehničara.

Matrica sa intenzitetima prelazaka između pojedinih stanja sistema prikazana je tabelom 1. Ona se formira na osnovu grafičke predstave modela na slici 3. U ovoj tabeli prva kolona predstavlja početno stanje za prelazak sistema u novo stanje, dok prvi red predstavlja završno stanje prelaska. Recimo, na primer, da želimo da odredimo intenzitet prelaska iz stanja 20 u stanje 10. U prvoj koloni nalazimo ćeliju sa stanjem 20 i kroz ovo stanje biramo vrstu koja obuhvata sve prelaske gde je početno stanje 20. Zatim u prvoj vrsti biramo ćeliju sa stanjem 10 i kroz ovo stanje biramo kolonu koja obuhvata sve prelaske gde je krajnje stanje 10. Ćelija, koja se dobija u preseku izabrane vrste i kolone (vrednost ćelije je $2\cdot\mu_a$) predstavlja intenzitet prelaska iz stanja 20 u stanje 10.

Ćelije na dijagonali ove matrice prikazuju intenzitete sa kojima sistem ostaje u nepromenjenom stanju. Vrednosti ovih intenziteta se lako određuju, jer predstavljaju zbir vrednosti svih ćelija koje se nalaze u istoj vrsti kao i posmatrano stanje sistema, samo uzet sa negativnim predznakom.

Na ovaj način se, iz grafičke predstave modela, lako određuju vrednosti pojedinih intenziteta prelazaka, što je korak, koji prethodi analitičkom proračunu željenog modela sistema.



Sl. 3 – Model procesa nastave na fakultetu

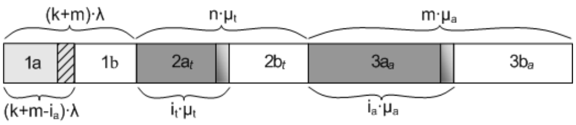
5. PROCES GENERISANJA SLUČAJNOG DOGAĐAJA U SIMULIRANOM SISTEMU

Proces generisanja događaja pri simulaciji sistema nastave na fakultetu prikazan je na slici 4. Ovo je modifikacija procesa prikazanog na slici 2b u skladu sa karakteristikama prikazivanog sistema. Oblast 1 odgovara generisanju novog zahteva, oblast 2 odgovara završetku obrade zahteva, ako ga je obrađivao tehničar, a oblast 3 završetku obrade zahteva ako ga je obrađivao asistent. Veličine ovih oblasti se ne menjaju u toku simulacije i one iznose $(k+m)\cdot\lambda$ za oblast 1, $n\cdot\mu_t$ za oblast 2 i $m\cdot\mu_a$ za oblast 3. Svaka od ove tri oblasti deli se na dva dela da bi se prikazao ograničen broj izvora zahteva i ograničen broj kanala za obradu zahteva. Tako se, na primer, oblast 1 deli na 1a (gde se generiše novi zahtev) i 1b (gde sistem ostaje u nepromenjenom stanju). U toku samog procesa simulacije veličina ova dva dela oblasti 1 se menja, odnosno veličina oblasti 1a iznosi $(k+m-i_a)\cdot\lambda$. Na sličan način se oblast 2 deli na $2a_t$ (gde tehničar završava obradu zahteva) i $2b_t$ (gde sistem ostaje u nepromenjenom stanju).

	00	01	:	0n	10	11	:	1n	20	21	:	2n	:	m0	m1	:	mn
00	$-(k+m)\cdot\lambda$	$(k+m)\cdot\lambda$	:	0	0	0	:	0	0	0	:	0	:	0	0	:	0
01	μ_t	$-(k+m)\cdot\lambda-\mu_t$	:	0	0	0	:	0	0	0	:	0	:	0	0	:	0
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
0n	0	0	:	$-(k+m)\cdot\lambda-n\cdot\mu_t$	0	0	:	$(k+m)\cdot\lambda$	0	0	:	0	:	0	0	:	0
10	μ_a	0	:	0	$-(k+m-1)\cdot\lambda-\mu_a$	$(k+m-1)\cdot\lambda$	:	0	0	0	:	0	:	0	0	:	0
11	0	μ_a	:	0	μ_t	$-(k+m-1)\cdot\lambda-\mu_t-\mu_a$	:	0	0	0	:	0	:	0	0	:	0
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
1n	0	0	:	μ_a	0	0	:	$-(k+m-1)\cdot\lambda-\mu_a-n\cdot\mu_t$	0	0	:	$(k+m-1)\cdot\lambda$	:	0	0	:	0
20	0	0	:	0	$2\cdot\mu_a$	0	:	0	$-(k+m-2)\cdot\lambda-2\cdot\mu_a$	$(k+m-2)\cdot\lambda$	:	0	:	0	0	:	0
21	0	0	:	0	0	$2\cdot\mu_a$	:	0	μ_t	$-(k+m-2)\cdot\lambda-2\cdot\mu_a-\mu_t$	:	0	:	0	0	:	0
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
2n	0	0	:	0	0	0	:	$2\cdot\mu_a$	0	0	:	$-(k+m-2)\cdot\lambda-2\cdot\mu_a-n\cdot\mu_t$	:	0	0	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
m0	0	0	:	0	0	0	:	0	0	0	:	0	:	$-k\cdot\lambda-m\cdot\mu_a$	$k\cdot\lambda$	:	0
m1	0	0	:	0	0	0	:	0	0	0	:	0	:	μ_t	$-k\cdot\lambda-\mu_t-m\cdot\mu_a$	:	0
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
mn	0	0	:	0	0	0	:	0	0	0	:	0	:	0	0	:	$-n\cdot\mu_t-m\cdot\mu_a$

Tabela.1 – Matrica sa intenzitetima prelazaka između pojedinih stanja sistema sa m asistenata i n tehničara

Veličina oblasti $2a_t$ je promenljiva i iznosi $i_t \cdot \mu_t$. Ukoliko se radi o tome da asistent završava obradu zahteva, oblast 3 se deli na $3a_a$ (gde asistent završava obradu zahteva) i $3b_a$, gde se ništa ne dešava. Veličina oblasti $3a_a$ je $i_a \cdot \mu_a$.



Sl. 4 – Generisanje slučajnih događaja pri simulaciji procesa nastave na fakultetu

6. POSTUPAK PRORAČUNA TROŠKOVA OBRADE ZAHTEVA

Osnovni cilj ovoga rada je da se modeluje proračun ukupnih troškova za realizaciju procesa obrade jednostavnijih zahteva na fakultetu. Ove zahteve prvenstveno izvršavaju tehničari. To su jedini poslovi koje oni obavljaju, tako da su troškovi njihovog angažovanja fiksni nezavisno od toga da li imaju, eventualno, slobodnog vremena u toku svog radnog vremena. Prostije rečeno, njihova plata u svakom slučaju ulazi u svom punom iznosu u proračun ukupnih materijalnih troškova potrebnih za obradu postavljenih zahteva. Zato je dimenzionisanje njihovog broja veoma značajno: ako bi ih bilo više nego što je potrebno, često bi postojali vremenski intervali kada oni ne bi bili angažovani, a to ne bi uticalo na smanjenje troškova njihovog angažovanja.

Što se tiče angažovanja asistenata na obradi ovih vrsta poslova, situacija je drukčija. Oni se angažuju jedino u situacijama kada se novi zahtev pojavi u trenutku kada su svi tehničari već zauzeti. U ostalim periodima vremena oni obavljaju svoje redovne poslove (obavljanje njihovih redovnih poslova nije predmet ove analize). Oni, znači, neće imati slobodnog vremena u toku svog radnog dana. Zato oni doprinose ukupnim potrebnim troškovima za obavljanje analiziranih poslova samo kada se angažuju na njima.

Ukoliko je broj predviđenih tehničara nedovoljan, angažovanje asistenata na obradi analiziranih zahteva će biti često, te im neće ostajati dovoljno vremena za obavljanje njihovih osnovnih aktivnosti. Ovaj zahtev za određivanje potrebnog broja tehničara je, zato, suprotan od prethodno pomenutog zahteva.

Na osnovu ovog prikaza ukupni materijalni troškovi (MT) potrebni za izvršavanje jednostavnijih zahteva u procesu nastave na fakultetu mogu se izraziti formulom:

$$MT = \overline{i_a} \cdot c_a + n \cdot c_t \qquad (3)$$

gde su:

$\overline{i_a}$ - prosečan broj asistenata angažovan na obradi ovih jednostavnijih zahteva;

c_a - cena angažovanja asistenta;

c_t - cena angažovanja tehničara.

Prosečan broj asistenata, angažovan na obradi jednostavnijih zahteva, može da se odredi na osnovu formule:

$$\overline{i_a} = \sum_{i=1}^{m} p_i \cdot i \qquad (4)$$

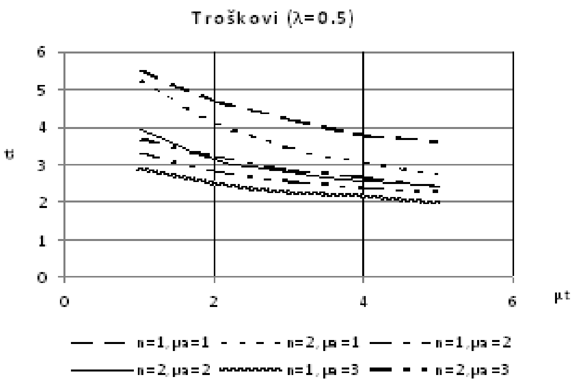
Verovatnoće pojedinih brojeva angažovanih asistenata (p_i) dobijaju se matričnim proračunom, prema modelu na slici 3 i tabeli 1, ili simulacionim postupkom, koji bazira na generisanju slučajnih brojeva prema slici 4. U ovom radu korišćen je simulacioni postupak analize.

7. DOBIJENI REZULTATI

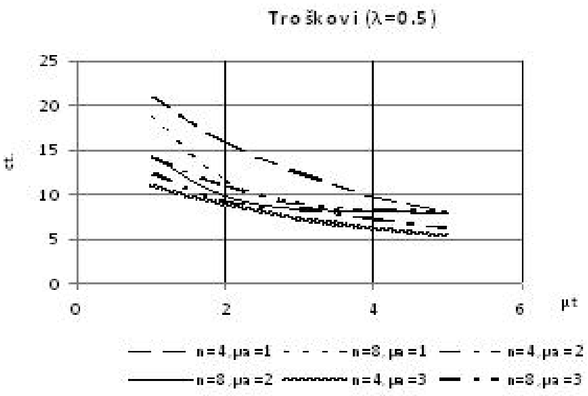
Program za simulaciju omogućava analizu sistema, koji se sastoji od maksimalno 20 tehničara i 40 asistenata, dok broj profesora ne utiče na mogućnost primene programa.

Kao ilustracija, prvo su prikazani rezultati za sistem, koji se sastoji od 2 profesora i 4 asistenta. Na slici 5 upoređeni su rezultati u slučaju kada njihov rad podržava 1 tehničar i kada ga podržavaju 2 tehničara, pri čemu je intenzitet generisanja novih zahteva λ=0.5. Tu su prikazani troškovi kao umnožak troškova za jednog angažovanog tehničara. Pored broja angažovanih tehničara, kao parametar na slici 5 poslužio je i intenzitet kojim asistenti obrađuju zahteve. Troškovi za jednog asistenta i jednog tehničara predviđeni su u odnosu c_a:c_t = 3:1. U ovom slučaju uočava se zavisnost potrebnih troškova od intenziteta kojim asistenti obrađuju zahteve. U slučaju da je μ_a=1, angažovanje drugog tehničara donosi materijalne uštede. Ako je μ_a=3, gledajući samo troškove, potrebno je zadržati samo jednog angažovanog tehničara, odnosno materijalni troškovi obrade zahteva manji su u slučaju angažovanja jednog tehničara, nego u slučaju angažovanja dva tehničara. Ukoliko je μ_a=2, materijalni troškovi za dva posmatrana slučaja se malo razlikuju.

Troškovi za sistem koji se sastoji od 8 profesora i 16 asistenata prikazani su na slici 6. Broj tehničara u ovoj analizi iznosi 4 i 8. Ostali parametri u ovoj analizi (λ, μ_a, μ_t, c_a:c_t) isti su kao i u analizi prikazanoj na slici 5. Ponovo je na osnovu dobijenih grafika moguće napraviti poređenje troškova.

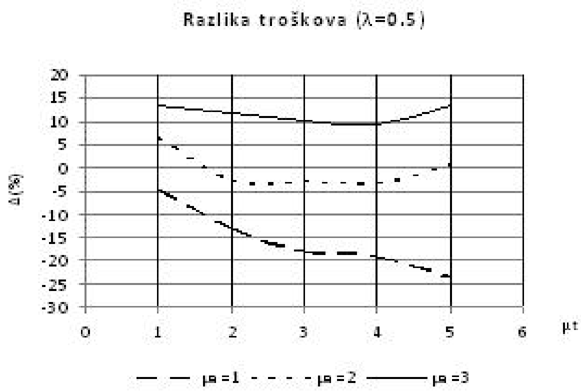


Sl. 5 – Troškovi obrade u sistemima sa dva profesora, četiri asistenta i sa jednim i dva tehničara

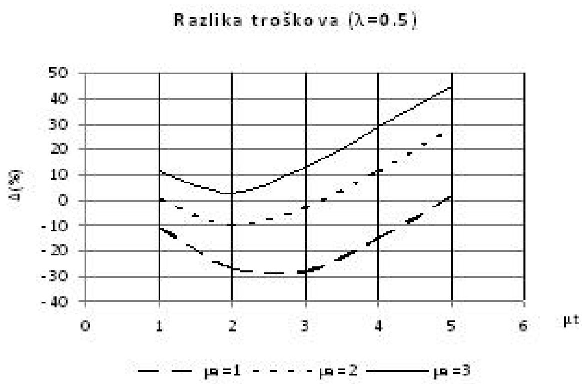


Sl. 6 – Troškovi obrade u sistemima sa 8 profesora, 16 asistenata i sa 4 i 8 tehničara

Grafici na slikama 7 i 8 prikazuju relativnu promenu potrebnih troškova u slučaju povećanja broja tehničara. Rezultati na slici 7 odnose se na sistem sa dva profesora i četiri asistenta, dok se rezultati na slici 8 odnose na sistem sa 8 profesora i 16 asistenata. Kao referentna vrednost uzeti su troškovi u slučaju kad je u sistemu prisutan manji broj tehničara. Rezultati na slici 7 prikazuju promenu troškova ako se broj tehničara poveća sa 1 na 2, dok rezultati na slici 8 prikazuju promenu troškova ako se broj tehničara poveća sa 4 na 8.



Sl. 7 – Razlika troškova za sistem sa dva profesora i četiri asistenta



Sl. 8 – Razlika troškova za sistem sa 8 profesora i 16 asistenata

Gledajući samo troškove, dolazi se do zaključka da se mogu pojaviti situacije kada povećanje broja angažovanih tehničara dovodi do povećanja troškova potrebnih za obradu analiziranih zahteva. Dobitak u ovom slučaju nalazi se u tome što su asistenti oslobođeni potrebe za obradom ovih jednostavnijih zahteva, te im ostaje više raspoloživog vremena za njihove osnovne aktivnosti. Rezultati, koji se odnose na potrebno vreme angažovanja tehničara i asistenata za obradu posmatranih zahteva, nisu bili predmet obrade u ovom radu.

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je prvo analitički, a zatim i originalno razvijen simulacioni model izvođenja jednostavnijih poslova na fakultetu. Cilj primene modela je bio analiza menadžmenta angažovanja tehničara i samim tim, menadžment potrebnih finansijskih sredstava potrebnih za obradu postavljenih zahteva.

U radu je pokazano kako se, polazeći od Markovljevog analitičkog modela, koji koristi teorijske osnove iz oblasti masovnog opsluživanja, dolazi do simulacionog modela i kako se, zatim, primenom rezultata dobijenih simulacijom, izračunavaju potrebni troškovi. Dobijeni rezultati pokazuju koliko je pažnje potrebno posvetiti izboru optimalnog broja angažovanih tehničara. Ovom izboru je potrebno da prethodi precizna analiza brzine kojom tehničari i asistenti obrađuju postavljene zahteve i odluka o tome koliko se vremena želi ostaviti asistentima da, u slučaju potrebe, obrađuju ove jednostavnije zahteve.

Troškovi su samo jedan od mogućih izlaznih podataka postupka simulacije. Pored finansijske analize, model omogućava procenu stepena (verovatnoće) angažovanja asistenata i tehničara na ovim poslovima, koristeći podatke o prosečnom broju angažovanih asistenata i tehničara i njihovom ukupnom broju. Na osnovu svih ovih elemenata može se izabrati broj tehničara u procesu nastave. Model je moguće primeniti i u drugim sličnim situacijama kada se ostavlja mogućnost da izvestan broj angažovanih osoba u sistemu pored toga što generiše zahteve, može i da ih izvršava u slučaju da je to potrebno.

Citirani radovi

Kleinrock, L. (1975). *Queueing Systems. Volume 1: Theory.* New York: John Wiley & Sons.

Markov, Ž. (2010). *Klasična telefonska tehnika i teorija telefonskog saobraćaja (600 pitanja i odgovora).* Beograd: IRITEL.

Petrović, G., Petrović, N., & Marinković, Z. (2008). Application of the Markov Theory to Queueing Networks. *Facta Universitatis, Series Mechanical Engineering, 6*(1), 45-56. Retrieved from http://facta.junis.ni.ac.rs/me/me2008/me2008-05.pdf

Šuh, T., Mitić, D., Lebl-Antonić, D., & Lebl, A. (2014). Determination of the Necessary Number of Technicians on the Faculty. *Acta Polytechnica Hungarica, 11*(1), 21-36.

ZAHVALNICA

Rad je napisan u okviru projekta TR32007 koji je finansiran od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, 2011/2014. god.

Datum prve prijave:	12.02.2014.
Datum prijema korigovanog članka:	13.03.2014.
Datum prihvatanja članka:	23.12.2014.

Kako citirati ovaj rad? / How to cite this article?

*Style – **APA** Sixth Edition:*

Lebl, A., & Mitić, D. (2015, Jan 15). Model finansijskih troškova angažovanja tehničara u realizaciji poslova na fakultetu. (Z. Čekerevac, Ed.) *FBIM Transactions, 3*(1), 7-16. doi:10.12709/03.03.01.02

*Style – **Chicago** Sixteenth Edition:*

Lebl, Aleksandar, and Dragan Mitić. 2015. "Model finansijskih troškova angažovanja tehničara u realizaciji poslova na fakultetu." Edited by Zoran Čekerevac. *FBIM Transactions* (MESTE) 3 (1): 7-16. doi:10.12709/03.03.01.02.

*Style – **GOST** Name Sort:*

Lebl Aleksandar and Mitić Dragan Model finansijskih troškova angažovanja tehničara u realizaciji poslova na fakultetu [Journal] // FBIM Transactions / ed. Čekerevac Zoran. - Belgrade : MESTE, Jan 15, 2015. - 1 : Vol. 3. - pp. 7-16.

*Style – **Harvard** Anglia:*

Lebl, A. & Mitić, D., 2015. Model finansijskih troškova angažovanja tehničara u realizaciji poslova na fakultetu. *FBIM Transactions,* 15 Jan, 3(1), pp. 7-16.

Style – **ISO 690** Numerical Reference:

Model finansijskih troškova angažovanja tehničara u realizaciji poslova na fakultetu. **Lebl, Aleksandar and Mitić, Dragan. 2015.** [ed.] Zoran Čekerevac. 1, Belgrade : MESTE, Jan 15, 2015, FBIM Transactions, Vol. 3, pp. 7-16.