

## SIMULACIJA PRODAJE PRETPLATNIČKIH KARATA JAVNOGA PRIJEVOZA<sup>3</sup>

### SAŽETAK

Simulacija je, između ostalog, kvantitativna metoda kojom se najčešće rješavaju problemi s događajima čije pojavljivanje je izričito stohastičko. Simulacija predstavlja pristup rješavanju operativnih problema, ali je nužno odrediti parametre stvarne problemske situacije nekog sustava. Izmjereni ili registrirani parametri unose se u prethodno definiran model sustava, koji je pak rezultat konceptualnog dizajna modela/sustava kreiranog na osnovi teorije o sustavu i povijesnih činjenica o sustavu. Nužno je, međutim, napomenuti da simulacija ne daje konkretno rješenje već informacije koje služe kao potpora za upravljanje i odlučivanje. U ovom je radu prikazana simulacija rada šaltera prodaje, točnije šaltera ureda prodaje karata, KD Autotrolej d. o. o. Rijeka, na dva šaltera u prostorima Autotroleja u Rijeci. KD Autotrolej d. o. o. Rijeka obavlja prijevoz na 43 linije, ukupne duljine 636 kilometara, povezujući 12 gradova i općina sa županijskim središtem (Grad Rijeka). Godišnje se preveze oko 35.000.000 putnika i ostvari preko 10.000.000 kilometara. Ulazni podaci za pripremu simulacijskog/računalnog modela prikupljeni su u prostorima Autotroleja, na šalterima za prodaju karata. Na osnovi prikupljenih podataka pripremljen je model sustava. Kako sustav ima diskretni karakter s uslužnim mjestima na kojima nastaju redovi, kreiran je model promatranog sustava. Mjerena su vremena dolaska i odlaska korisnika usluga, vrijeme u kojem su čekali na uslugu, te vrijeme trajanja same usluge. Izmjerene veličine prikazane su grafički. Na osnovi svega pripremljen je i model za računalnu simulaciju u programskom okruženju GPSS – jezika za diskretne simulacije. Analizom rezultata simulacijskog eksperimenta u zaključku su dati naputci i savjeti za poboljšanje funkcioniranja promatranog sustava. Radu je priložen i računalni program kao model računalne simulacije.

**Ključne riječi:** diskretna simulacija, GPSS, autobusna stanica, teorija redova, simulacija, modeliranje

### 1. UVOD

Simulacija je kvantitativna metoda kojom se najčešće rješavaju problemi s događajima čije pojavljivanje je stohastičko. Predstavlja pristup rješavanju operativnih problema, kod kojeg parametre stvarne problemske situacije nekog sustava unosimo u matematički model (<http://www.kontejner.org>). Pripadni matematički model na temelju stvarnih vrijednosti određuje moguća stanja koje sustav može poprimiti. Simulacija omogućuje modeliranje procesa u kojima sudjeluju ljudi, te su zbog toga vrlo nepravilni i sadrže slučajne varijable s velikim fluktuacijama (dolasci, posluživanja, izbori između više mogućnosti i sl.). Simulacija je to koja ne daje konkretno

<sup>1</sup> Student, stručni prvostupnik informatike, Vextex d. o. o., Rijeka, Hrvatska. E-mail: skauric@veleri.hr

<sup>2</sup> Dr. sc., profesor visoke škole, Veleučilište u Rijeci, Vukovarska 58, Rijeka, Hrvatska. E-mail: pogarcic@veleri.hr

<sup>3</sup> Datum primitka rada: 4. 2. 2013.; datum prihvatanja rada: 3. 4. 2013.

rješenje, već informacije koje služe kao potpora odlučivanju. Jednako tako simulacijom nije moguće izvršiti optimizaciju određenog procesa i/ili funkcionalnih mogućnosti sustava. Principom i proceduralno simulacija je i proces koji zahtijeva određeno vrijeme i resurse koji će biti uključeni u pripremu simulacije, ali i u samu simulaciju.

Redovi čekanja nastupaju uvijek kada jedinice koje treba uslužiti ili mjesta koja obavljaju tu uslugu „čekaju“, odnosno kada se stvaraju vremena čekanja. Problemi čekanja u svakodnevnom se životu pojavljuju vrlo često. Adekvatno rješavanje nekog sustava može poboljšati kvalitetu življenja i povećati produktivnost. Teorija redova ne bavi se pojedinačnim slučajevima, nego masovnim pojavama (Gross et al., 2008). Obično se u svrhu povećanja produktivnosti sustava prikupljaju podaci o čekanjima koja nastaju na pojedinim mjestima – mjestima posluživanja. Podaci se tada koriste u modelu kojim se simulira i oponaša funkcioniranje sustava. Analizom podataka koji se dobiju na izlazu iz sustava utvrđuje se način utjecaja na sustav i donose odluke kojima se ponašanje sustava korigira.

Predmet istraživanja i interes ovog rada je praktična simulacija specifične autobusne stanice, tj. kupovanja karata na prodajnim šalterima poduzeća Autotrolej. Prati se proces prodaje abonenata - karata s određenim vremenskim trajanjem.

KD Autotrolej d. o. o. Rijeka obavlja prijevoz na 43 linije, ukupne duljine 636 kilometara, povezujući 12 gradova i općina sa županijskim središtem (Grad Rijeka). Godišnje se preveze oko 35.000.000 putnika i ostvari preko 10.000.000 kilometara. Poduzeće pokriva cjelokupni gradski i prigradski javni prijevoz.

Rad je nastao na osnovi podataka istraživačkog seminara u okviru praktičnih vježbi kolegija *modeliranje i simulacije* na specijalističkom stručnom studiju informatike Veleučilišta u Rijeci. Svrha je seminara ovladavanje tehnikom modeliranja, računalnog modeliranja i simulacija računalom, provjera modela i usporedba s mjerenim podacima, integriranje nastavnih sadržaja sa sadržajima Specijalističkog stručnog studija prometa Veleučilišta u Rijeci. S obzirom na to da studenti prometa imaju i specijalističku stručnu praksu u organizacijama tipa Autotrolej d. o. o., izvršene vježbe mogu poslužiti kao prijedlog poboljšanja procesa koji je promatran, modeliran i simuliran.

### **1.1 Izvori, metoda prikupljanja i način obrade prikupljenih podataka**

Izvor podataka je realni sustav: prodajno mjesto abonenata – periodičnih autobusnih karata ograničenim vremenom trajanja, popularno zvanih „pokaz“. Podaci se kasnije koriste u konstruiranju modela i u svrhu verifikacije rezultata koji se modelom mogu simulirati. Povratno se rezultati dobiveni simulacijom mogu usporediti s rezultatima/izlazima sustava. Tijekom izvođenja simulacije vrijeme se diskretno (tj. diskontinuirano) mijenja, od trenutka u kojem se dogodio posljednji događaj do trenutka u kojem će se dogoditi sljedeći događaj itd. Simulacijski sat mjeri proteklo vrijeme simulacije. Aktivnost je međudjelovanje entiteta koje traje neko vrijeme, a tijekom odvijanja aktivnosti

stanje entiteta se ne mijenja. Događaji se dijele na bezuvjetne (planirane), koji se vezuju uz završetak aktivnosti ili oslobađanje resursa, i uvjetne događaje, koji najčešće znače početak aktivnosti, odnosno zauzimanje resursa. Ulazni podaci prikupljali su se u prostorima Autotroleja, na šalterima za prodaju karata. Na početku će biti opisan sustav koji je promatran, odnosno model koji je na osnovi promatranja bio pripremljen i kasnije preveden u računalni model. U nastavku će se prikazati vremena dolaska i odlaska korisnika usluga, vrijeme koliko su čekali na uslugu, te vrijeme koliko je sama usluga trajala. Na temelju ulaznih podataka izračunat će se prosječno vrijeme čekanja u redu, kao i prosječno vrijeme trajanja usluge, te navedeno prikazati odgovarajućim grafikonima. Rad uključuje detaljnu statističku obradu i analizu prikupljenih podataka i pripremu odgovarajućih razdioba pripadnih vremena čekanja i usluživanja, relevantnih za ponašanje modela. Slijedi opis računalnog modela pripremljenog u simulacijskom jeziku GPSS i izvedene simulacije na računalu. U zaključku su date preporuke za optimizaciju sustava izvedene na osnovi rezultata računalne simulacije.

## 2. PODACI I MODELIRANJE

### 2.1 Opis modela

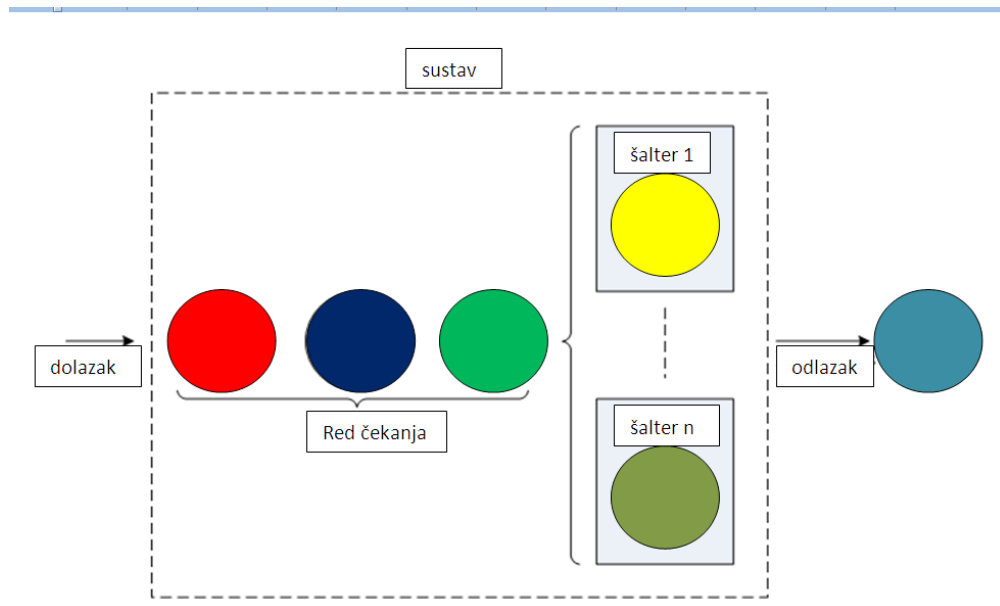
Autobusna stanica sustav je masovnog posluživanja. Svi sustavi masovnog posluživanja sadrže redove čekanja. Simulacija autobusne stanice spada u diskretne simulacije (Banks et al., 2009). Svaki model sastoji se od statičnih i dinamičnih elemenata. Statični su elementi resursi koje određeno vrijeme zauzimaju dinamički resursi. Prema slici 1 statični entitet je poslužitelj, u ovom slučaju šalter(i), a dinamički entiteti su korisnici prijevoza – stranke, kupci (u ovom se razmatranju koristi pojam transakcija). Transakcija je, dakle, dinamički entitet koji obavlja određene aktivnosti, prolazeći kroz model, i pri tome okupira statički entitet – poslužitelja (Sokolowski, 2009).

Model prikazuje prodajne prostorije Autotroleja koje se nalaze na Jelačićevu trgu i imaju šest šaltera za prodaju karata, no većinu vremena svih šest šaltera nije istodobno otvoreno, pa čak ni u danima pred kraj i pred početak mjeseca, kada je broj kupaca najveći. Za potrebe razmatranja kupca-pojedinca zvat ćemo transakcija. U vrijeme mjerenja bila su otvorena samo dva šaltera. Prilikom mjerenja i prikupljanja podataka, za prvih pedeset transakcija bilježeni su sljedeći podaci:

- a) vrijeme dolaska stranaka
- b) vrijeme početka usluživanja
- c) vrijeme odlaska klijenata sa šaltera.

Model uključuje dva šaltera na kojima su se prodavale karte (shema 1). Transakcija - stranka dolazi u prostore Autotroleja i zauzima svoju poziciju u redu čekanja za određenog poslužitelja, tj. na prvi ili drugi šalter za prodaju karata. Kada stranka dođe na red, započinje pružanje usluge. Nakon obavljene usluge, tj. kupnje karte, stranka napušta prostorije Autotroleja.

Schema 1. Model uslužnih mjesta i reda čekanja



Izvor: obrada autora

## 2.2 Rezultati i analiza podataka mjerenja

Podaci su prikupljeni u prostoru za prodaju karata u Autotroleju 5. siječnja 2012. u terminu od 09:00 do 10:15 na dva šaltera za prijem stranaka i to s obzirom na praćenje pedeset stranaka.

Treba napomenuti da je kupnja pokaznih karata periodički posao u kojem se većina abonenata pojavljuje na prodajnom mjestu. To je najčešće na početku vremenskog perioda - mjesečno, polugodišnje ili godišnje. Statični entitet modela bit će uslužna mjesta:

- a) šalter 1: 09:00 – 10:08 h
- b) šalter 2: 09:05 – 10:15 h.

Za mjernu jedinicu odabrana je minuta. U prvom mjerenju zabilježeno je 25 transakcija u vremenu od 68:00 minuta. U drugom mjerenju također je zabilježeno 25 transakcija u vremenu od 70:00 minuta. Slijede podaci o vremenu dolaska, vremenu početka usluživanja, te vremenu odlaska stranke na prvom promatranom šalteru za prodaju karata. Na temelju tih podataka izračunato je vrijeme provedeno u redu čekanja, te vrijeme usluživanja, pa su i ti podaci prikazani u tablici 1.

Tablica 1. Podaci za šalter 1.

Dolazak	Početak usluživanja	Odlazak	Čekanje u redu (min)	Vrijeme usluživanja (min)
Prvi šalter za prodaju karata				
9:00	9:14	9:16	14	2
9:03	9:16	9:18	13	2
9:05	9:18	9:20	13	2
9:06	9:20	9:22	14	2
9:07	9:22	9:25	15	3
9:09	9:25	9:27	16	2
9:10	9:27	9:44	17	17
9:10	9:44	9:47	34	3
9:15	9:47	9:50	32	3
9:17	9:50	9:57	33	7
9:23	9:57	9:59	34	2
9:23	9:59	10:04	36	5
9:23	10:04	10:07	41	3
9:25	10:07	10:13	42	6
9:33	10:13	10:17	40	4
9:47	10:17	10:20	30	3
9:48	10:20	10:24	32	4
9:48	10:24	10:30	36	6
9:52	10:30	10:32	38	2
9:55	10:32	10:36	37	4
9:58	10:36	10:42	38	6
10:03	10:42	10:47	39	5
10:03	10:47	10:55	44	8
10:06	10:55	10:58	49	3
10:09	10:58	11:03	49	5

Izvor: obrada autora

U tablici 2 prikazani su izmjereni i izračunati podaci s drugog mjerenja usluživanja stranaka na drugom šalteru. Na temelju podataka o vremenu dolaska, vremenu početka usluživanja i vremenu odlaska, izračunato je vrijeme provedeno u redu čekanja, te vrijeme usluživanja.

Tablica 2. Podaci za šalter 2.

Dolazak	Početak usluživanja	Odlazak	Čekanje u redu (min)	Vrijeme usluživanja (min)
Drugi šalter za prodaju karata				
<b>9:05</b>	9:14	9:16	9	2
<b>9:05</b>	9:16	9:20	11	4
<b>9:07</b>	9:20	9:25	13	5
<b>9:09</b>	9:25	9:29	16	4
<b>9:14</b>	9:29	9:33	15	4
<b>9:15</b>	9:33	9:37	18	4
<b>9:18</b>	9:37	9:43	19	6
<b>9:21</b>	9:43	9:45	22	2
<b>9:21</b>	9:45	9:49	24	4
<b>9:25</b>	9:49	9:54	24	5
<b>9:26</b>	9:54	9:59	28	5
<b>9:35</b>	9:59	10:02	24	3
<b>9:40</b>	10:02	10:08	22	6
<b>9:42</b>	10:08	10:13	26	5
<b>9:50</b>	10:13	10:16	23	3
<b>9:52</b>	10:16	10:19	24	3
<b>9:55</b>	10:19	10:22	24	3
<b>9:56</b>	10:22	10:26	26	4
<b>9:58</b>	10:26	10:30	28	4
<b>10:00</b>	10:30	10:35	30	5
<b>10:05</b>	10:35	10:39	30	4
<b>10:07</b>	10:39	10:42	32	3
<b>10:10</b>	10:42	10:47	32	5
<b>10:13</b>	10:47	10:55	34	8
<b>10:15</b>	10:55	11:01	40	6

Izvor: obrada autora

U tablici 3 prikazani su i grupirani podaci o vremenu provedenom u redu čekanja – vrijeme izraženo u minutama, frekvencija i vjerojatnost. Dodani su još i stupci koji su potrebni za izračunavanje aritmetičke sredine i standardne devijacije.

Na temelju podataka iz tablice izračunato je:

$$\text{Prosječno vrijeme čekanja u redu iznosi 27,8 minuta: } \bar{x} = \frac{\sum x_i \cdot f_i}{\sum f_i} = \frac{1390}{50} = 27,8$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i \cdot f_i}{\sum f_i} = \frac{1390}{50} = 27,8$$

Najveći broj klijenata čeka u redu 31,72 minuta:

$$M_o = L_1 + \frac{b-a}{(b-a)+(b-c)} * i = 29 + \frac{16-13}{(16-13)+(16-8)} * 10 = 31,27$$

$$M_o = L_1 + \frac{b-a}{(b-a)+(b-c)} * i = 29 + \frac{16-13}{(16-13)+(16-8)} * 10 = 31,27$$

50 % klijenata čeka u redu manje od 28,3 minuta, a 50% klijenata čeka u redu više od 28,3

$$\text{minuta: } M_e = L_1 + \frac{\frac{N}{2} - \sum f_i}{f_{med}} * i = 29 + \frac{50-26}{16} M_e = L_1 + \frac{\frac{N}{2} - \sum f_i}{f_{med}} * i = 29 + \frac{50-26}{16} * 10 = 28,3$$

Varijanca, tj. prosječno kvadratno odstupanje od prosjeka je:

$$\mu = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{\sum f_i} = \frac{5377}{50} = 107,54 \mu = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{\sum f_i} = \frac{5377}{50} = 107,54$$

Standardna devijacija, tj. prosječno odstupanje od prosjeka je:

$$\sigma = \sqrt{\mu_2} = \sqrt{107,54} = 10,37 \sigma = \sqrt{\mu_2} = \sqrt{107,54} = 10,37 \text{minuta}$$

Koeficijent asimetrije iznosi 0,52, što znači da je krivulja pozitivno asimetrična:

$$\alpha_3 = \frac{\mu_3}{\sigma_3} = \frac{58,94}{10,37} = 0,52 \alpha_3 = \frac{\mu_3}{\sigma_3} = \frac{58,94}{10,37} = 0,52$$

Koeficijent zaobljenosti iznosi 1,81, što znači da je distribucija plosnatija od normalne:

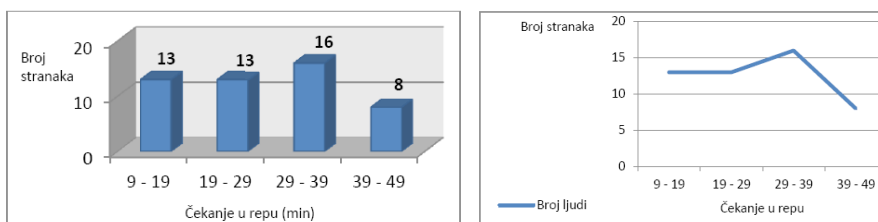
$$\alpha_4 = \frac{\mu_4}{\sigma_4} = \frac{20976,53}{10,37^4} = 1,81 \alpha_4 = \frac{\mu_4}{\sigma_4} = \frac{20976,53}{10,37^4} = 1,81.$$

Tablica 3. Vrijeme provedeno u redu čekanja

Čekanje u redu (min) $f_i$	Broj ljudi koji čekaju u redu $x_i$	Sredina razreda	$x_i \cdot f_i$	Kumulativni niz	$f_i(x_i - \bar{x})^2$	$f_i(x_i - \bar{x})^3$	$f_i(x_i - \bar{x})^4$
9 - 19	13	14	182	13	2475,72	-34164,9	471476,11
19 - 29	13	24	312	26	187,72	-713,33	2710,67
29 - 39	16	34	544	42	615,04	3813,24	23642,13
39 - 49	8	44	352	50	2099,52	34012,22	550998,02
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>50</b>	-	<b>1390</b>	-	<b>5377</b>	<b>2947,2</b>	<b>1048826,93</b>

Na grafikonu 1. prikazani graf funkcije reda čekanja prikazuje razrede i frekvencije za red čekanja. Iz grafa se može zaključiti da će za treći razred (29 do 39 minuta), od 50 promatranih osoba, čekati najveći broj osoba, njih 16, dok će za razred od 39 do 49 minuta čekati najmanje osoba, njih osam.

Grafikon 1. Funkcija razdiobe za red čekanja (dijagram i graf)



Izvor: obrada autora

U tablici 3 prikazani su grupirani podaci o vremenu trajanja usluživanja – vrijeme izraženo u minutama, frekvencija i vjerojatnost. Dodatno su stavljeni još i stupci koji su potrebni za izračunavanje aritmetičke sredine i standardne devijacije.

Na temelju podataka iz tablice može se izračunati da:

- prosječno vrijeme usluživanja stranke iznosi 4,88 minuta
- najveći broj klijenata usluga na šalteru traje 7:33 minuta
- 50 % klijenata uslužuje se kraće od 4:22 minute, a 50 % klijenata više od 4:22 minute
- varijanca, tj. prosječno kvadratno odstupanje od prosjeka je 6:26 minuta
- standardna devijacija, tj. prosječno odstupanje od prosjeka usluživanja je 2:50 minuta
- koeficijent asimetrije iznosi 2,05, što znači da je krivulja pozitivno asimetrična
- koeficijent zaobljenosti iznosi 6,11, što znači da je distribucija šiljatija od normalne.

Tablica 4. Funkcija razdiobe vremena usluživanja

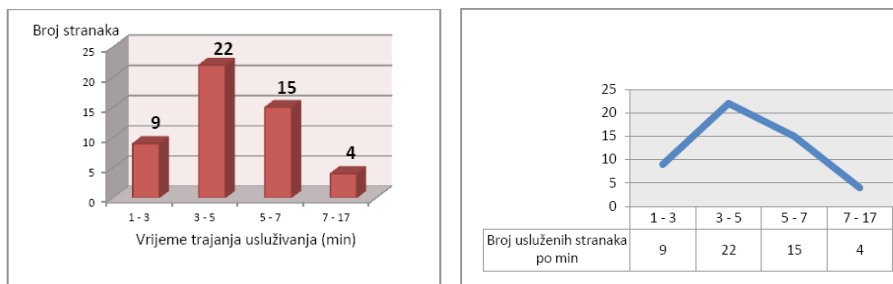
Vrijeme trajanja usluživanja (min)	Broj usluženih ljudi $f_i$	Sredina razreda $x_i$	$x_i \cdot f_i$	Kumulativni niz	$f_i(x_i - \bar{x})^2$	$f_i(x_i - \bar{x})^3$	$f_i(x_i - \bar{x})^4$
1 - 3	9	2	18	9	74,64	-214,99	619,17
3 - 5	22	4	88	31	17,03	14,99	13,19
5 - 7	15	6	90	46	18,81	358,31	1031,95
7 - 17	4	12	48	50	202,77	1443,77	10279,68
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>50</b>	-	<b>244</b>	-	<b>313,25</b>	<b>1602,08</b>	<b>11943,99</b>

Izvor: obrada autora

Trajanje usluživanja prikazano je na grafikonu 2. Podaci govore o tome koliko je osoba bilo usluživano u određenom roku. Graf prikazuje razrede i frekvencije za vrijeme trajanja usluživanja. Moguće je zaključiti da će od 50 promatranih osoba najveći broj, dvadeset i dvoje, biti usluženo za 3 – 5 min (drugi razred), dok će duže od 7 minuta trajati usluživanje za najmanje osoba, njih četvero.



Grafikon 2. Funkcija razdiobe za vrijeme usluživanja (dijagram i graf)



Izvor: obrada autora

### 3. SIMULACIJA U PROGRAMU GPSS

Dobiveni podaci iskorišteni su u računalnoj simulaciji programskim jezikom simulacije GPSS (Karian, Dudewicz, 1998). U simulaciji je vrijeme postavljeno na dva sata. U nastavku je prikazan računalni model, upisan kod te rezultati i interpretacija rezultata simulacije.

#### 3.1 Kod upisan u program GPSS

Računalni model predstavlja program napisan u simulacijskom jeziku GPSS. Model izgleda ovako: (u prvom stupcu su programske naredbe GPSS jezika, a u drugom je komentar što koja naredba znači i kakve se aktivnosti izvode. Komentar počinje znakom\*) (<http://www.scribd.com/doc/57403339/PrepravljenaSkripta> (12. 10. 2012.)).

\*

\*Simulacija prodaje periodičnih karata mjesnog javnoga prijevoza

\*

Simulate

Expo function RN3,C24 \*Eksponecijalna raspodjela

0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915/.7,1.2/

.75,1.38/.8,1.6/.84,1.83/.88,2.12/.9,2.3/.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/0.97,3.5/0.98,3.9/0.99,4.6/0.995,5.3/0.998,6.2/0.999,7/0.9998,8

salter storage 2 \*Definiranje broja šaltera

generate 132, FN\$Expo \*Korisnici dolaze svakih 132 sek

queue red \*Staju u red čekanja

advance 1668, FN\$Expo \*Čekaju 1668 sek

enter salter \*Dolaze na šalter

depart red \*Izlaze iz reda čekanja

advance 440,150 \*Vrijeme trajanja usluge je  $440 \pm 150$  sek

leave salter \*Napuštanje šaltera

terminate \*Korisnik napušta sustav

generate 28800 \*Generiranje tajmera (8 sati)

terminate 1 \*Umanji tajmer za 1

start 1 \*Početak transakcije

end \*kraj simulacije

### 3.2 Rezultati simulacije

Simulacijom su dobiveni rezultati:

GPSSW/FON Ver. 3.0, Simulating results

Relative clock 28800 Absolute clock 28800

Block counts Block Current Total

1 0 206

2 0 206

3 81 206

4 0 125

5 0 125

6 2 125

7 0 123

8 0 123

9 0 1

10 0 1

Tablica 5. Prosječna iskorištenost šaltera

<i>Storage</i>	<i>Capacity</i>	<i>Average Contents</i>	<i>Average Utilisation</i>
1	2	1,885	0,942
<i>Entries</i>	<i>Average Time/tran</i>	<i>Current Contents</i>	<i>Maximum Contents</i>
125	437,387	2	2

Izvor: obrada autora

Tablica 6. Broj ljudi u redu čekanja

<i>Queue</i>	<i>Maximum Contents</i>	<i>Average Contents</i>	<i>Total entries</i>
1	82	43,711	206
<i>Zero entries</i>	<i>Percent zeros</i>	<i>Average Time/tran</i>	<i>Current Contents</i>
0	0	6106,393	81

Izvor: obrada autora

Tumačenje rezultata:

u 8 sati usluženo je 125 stranaka. Prosječno vrijeme usluge iznosi 7,28 minuta. Prosječna iskorištenost šaltera je 94 %. U redu čekanja prosječno se nalazilo 44 ljudi u jednom trenutku. Ukupan broj ljudi koji su stali u red čekanja je 206. Trenutno se u redu čekanja nalazi još 81 čovjek.

Na performanse modela može se utjecati preko parametara: broj šaltera, vrijeme čekanja, vrijeme usluživanja. U opisu sustava napomenuto je da u sustavu postoji šest šaltera, ali da su u vrijeme promatranja bila otvorena samo dva šaltera. Mijenjajući bilo koji od parametara, može se utjecati na konačan ishod promatranog procesa. Ako se mijenja samo jedan parametar, onda se izolirano prati samo njegov utjecaj na proces. Jednako se tako mogu kombinirati izmjene dva ili više parametara unutar promatranog procesa. Time mogućnosti koje pruža simulacija dolaze do punog izražaja.

#### 4. ZAKLJUČAK

Radom je prikazana simulacija prodaje pokaznih karata u poduzeću Autotrolej d.o.o u Rijeci. Opisan je promatrani sustav, napravljen model i njegova vizualizacija. Promatranjem procesa prodaje karata prikupljeni su podaci o vremenu dolaska i odlaska korisnika, vremenu čekanja u redu te vremenu koliko je usluga trajala. Na temelju prikupljenih podataka napravljeni su izračuni prosječnog vremena u redu čekanja i vremena trajanja usluge. Dobiveni rezultati prikazani su pomoću dijagrama. Na temelju dobivenih parametara, koeficijenta asimetrije i koeficijenta zaobljenosti, moguće je zaključiti da se u oba slučaja radi o eksponencijalnoj distribuciji. Na temelju rezultata može se zaključiti da dva šaltera nisu dovoljna, jer su stranke čekale u redu prosječno 24 minute. Otvaranjem dodatnog šaltera u vrijeme najvećih gužvi smanjio bi se red čekanja, stranke bi bile brže uslužene, a time i zadovoljnije.

#### LITERATURA

- Banks, J. et al. ( ) *Discrete-Event System Simulation*, Prentice Hall
- Gross, D. et al. (2008) *Fundamentals of Queueing Theory* (Wiley Series in Probability and Statistics), Wiley-Interscience
- Karian, Z.A., Dudewicz, E. J. (1998) *Modern Statistical, Systems, and GPSS Simulation*, CRC Press
- Sokolowski, J. A., Banks, C. M. (2009) *Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach*, Wiley
- <http://www.kontejner.org/monte-carlo-simulation-or-ingwar-and-freya> (12. 10. 2012)
- <http://www.scribd.com/doc/57403339/PrepravljenaSkripta> (12. 10. 2012)

## SIMULATION MODEL FOR THE SALE OF PUBLIC TRANSPORT PREPAID TICKETS<sup>3</sup>

### ABSTRACT

*Simulation is, among other things, a quantitative method mostly used in solving problems connected with situations whose realisation is completely stochastic. Simulation represents an approach to the operative problem solving, but the parameters for a specific situation problem in a certain system should be defined. Measured or registered parameters are then inserted into the previously defined system's model, which is the result of a conceptual design of a model/system which is created upon the theory of systems and historical facts on the system. However, it should be mentioned that simulation does not provide a practical solution, but the information which is used as a backup for managing and decision making. This paper presents a simulation model of a bus station, or ticket-offices to be more precise, of a public communal company Autotrolej PLC, Rijeka which has two ticket-offices in Rijeka. Autotrolej PLC Rijeka provides transportation on 43 routes with the total length of 636 km by connecting 12 cities and municipalities with the county centre (City of Rijeka). It transports 35,000,000 passengers annually and covers more than 10,000,000 km. Entry data for the preparation of the simulation/computer model has been generated in the offices of Autotrolej where the ticket-offices are located. Collected data has helped us prepare the system's model. Since the system has a discreet character with the serviceable spots where queues emerge, a model of the observed system has been developed. The researchers have measured the time of arrivals and departures of the services' users, the time spent waiting, and the time of performing the service itself. The measured values have been presented on the graphs.*

**Key words:** discrete event simulation, GPSS, bus station, queueing theory, simulation, modelling

<sup>1</sup> Student, BSc, Informatics, Ventex d. o. o., Rijeka, Croatia. E-mail: skauric@veleri.hr

<sup>2</sup> PhD, Principal Lecturer, Polytechnic of Rijeka, Vukovarska 58, Rijeka, Croatia. E-mail: pogarcic@veleri.hr

<sup>3</sup> Received: 4. 2. 2013; accepted: 3. 4. 2013