

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
V A R A Ž D I N

Domagoj Curić

Patrik Črnčec

Ivica Strmečki

Fran Šimović

**PROBLEM ČEKANJA U REDU PRILIKOM
IZMJENE SETA GUMA U AUTOPRAONICI
I VULKANIZACIJI „BLIC“**

PROJEKTNI RAD

Varaždin, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
V A R A Ž D I N

Domagoj Curić, 0016124847

Patrik Črnčec, 0016129677

Ivica Strmečki, 0016123439

Fran Šimović, 0246071172

**PROBLEM ČEKANJA U REDU PRILIKOM IZMJENE SETA GUMA U
AUTOPRAONICI I VULKANIZACIJI „BLIC“**

PROJEKTNI RAD

Mentor:

Dr. sc. Nenad Perši

Varaždin, studeni 2021.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Opis sustava.....	2
2.1. Definiranje problema.....	3
2.2. Definiranje poslovnog cilja	4
3. Opis prikupljenih podataka	5
3.1. Prikaz prikupljenih podataka i varijabli problema.....	6
4. Statistička obrada podataka	9
4.1. Obrada podataka u EasyFit-u	9
4.2. Obrađeni podaci	15
5. Konceptualni model	16
5.1. Vrednovanje konceptualnog modela.....	17
6. Izrada rješenja za problem	18
6.1. Simulacija AS IS	18
6.2. Potencijalno TO BE rješenje	21
6.3. Usporedba rezultata simulacije AS IS i potencijalnog TO BE rješenja	23
6.4. Verifikacija rezultata AS IS.....	24
7. Zaključak	28
Popis slika.....	29
Popis tablica	30

1. Uvod

U današnje vrijeme ljudi se svakodnevno nalaze u različitim problemima i preprekama za koje je potrebno pronaći adekvatno rješenje. Ljudi su vrlo nestrpljivi te se ovdje javlja još jedan problem koji je povezan sa dugotrajnim čekanjem u redovima. Kako bismo uspješno razriješili prethodno spomenutu problematiku, vrlo se velika važnost pridaje modeliranju. Samo modeliranje možemo definirati kao otkrivanje i testiranje modela stvarnih predmeta ili procesa. Kao takvo, modeliranje ima vrlo važnu ulogu u preciznom donošenju konačnih odluka te zbog toga loši modeli mogu dovesti do rezultata s ogromnim gubicima.

U ovom radu bavit ćemo se modeliranjem problematike vezane uz prekomjerno čekanje u redu za izmjenu seta guma, konkretno zamjena ljetnog seta za zimski. Sama problematika vezana je uz Autopraonicu i vulkanizaciju Blic, koja se nalazi na području Bednje. Uz prikaz trenutnog stanja poslovanja u radu će biti predložena neka od mogućih rješenja koja bi imala pozitivan utjecaj na poduzeće, ista će biti interpretirana i prikazana kroz simulaciju.

2. Opis sustava

Sam sustav koji se nalazi u centru razrade cjelokupnog projekta odnosi se na Autopraonu i vulkanizaciju "Blic". Točna lokacija odabranog poduzeća je Trakošćanska ulica 6, 42253 Bednja. Poduzeće broji tri stalna zaposlenika, od kojih je jedan sam vlasnik, a radno vrijeme iste je od 08:00 do 17:00 sati, od utorka do subote. Kada dođe vrijeme zamjene seta guma, radno vrijeme se produžuje na dane od ponedjeljka do subote, tako već ovdje možemo vidjeti utjecaj odabrane problematike na samo radno vrijeme.

Poduzeće nudi usluge svih vrsta popravaka automobila, odnosno sve što je potrebno za rješavanje bilo kakve vrste problema na automobilima. Kako su praktički jedino poduzeće u relativno širokom krugu, velikom broju klijenata je navedeno poduzeće primarno za održavanje vozila, a samim time i za uslugu zamjena guma. Period zamjene guma je kroz godinu u dva navrata. Prvi se odnosi na zamjenu zimskog seta za ljetni, a drugi navrat se odnosi na zamjenu ljetnog seta za zimski. Kada dođe vrijeme samog mijenjanja, fokus poduzeća je prvenstveno na samoj zamjeni, posebice prilikom zamjene ljetnog seta za zimski, kada sam zakon nalaže da se navedena aktivnost obavezno treba izvršiti do 15.11. svake godine. Samim time problem čekanja u redu, odnosno glavni problem odabranog projekta, najviše dolazi do izražaja i sa sobom nosi niz različitih posljedica koje negativno utječu na samo poduzeće.

Sustav se sastoji od tri zasebne prostorije gdje svaka posjeduje svoju dizalicu. Dakle, imamo tri mjesta usluživanja s obzirom da je način rada takav da se dolaskom klijenata dizalice redom pune, odnosno počinju s radom. Isto tako, sljedeći klijent, koji dođe u red čekanja, čeka na oslobađanje jedne od dizalica te samim time započinje pružanje usluge zamjene seta istom. Sama usluga zamjene seta guma razlikuje se između klijenata. Točnije, razlikuje se vrijeme pružanja usluge, ovisno o potrebnim zahtjevima. Određeni klijenti zahtijevaju samo zamjenu ljetnog seta za zimski (koji je već spreman za montažu), dok je kod nekih klijenata potrebno izvršiti demontažu, montažu i balans, što utječe na povećanje vremena izvršavanja usluge.



Slika 1. Autopraona i vulkanizacija „Blic“

2.1. Definiranje problema

Vršenje usluge zamjene guma u ovom konkretnom slučaju predstavlja problem zbog velikog reda čekanja, odnosno zbog vremena čekanja na izvršenje usluge. Taj red čekanja posebice dolazi do izražaja u određenom razdoblju, od 10 sati pa nadalje. Samo stanje, odnosno spomenuto povećanje vremena čekanja od strane klijenata možemo vidjeti unutar priložene datoteke, na temelju prikupljenih podataka. Jednom kad se stvori veći red čekanja, kad se stvori “čep”, vrlo je teško isti smanjiti te se samim time red čekanja vuče do kraja radnog vremena.

Kako živimo užurbanim načinom života, svako čekanje, a posebice ona dulja, predstavlja veliki problem kod većine klijenata. Samim time raste nezadovoljstvo tih klijenata što sa sobom donosi i ostale posljedice. Jedna od posljedica je odlazak klijenata u neko drugo poduzeće da bi izvršilo potrebnu uslugu. Samim time poduzeće direktno gubi na svojoj zaradi. Isto tako, rast klijenata, odnosno rast reda čekanja stvara negativan utjecaj na same radnike u smislu stvaranja presinga i smanjenja same koncentracije. Tako bi postizanje željenog cilja, koji će kasnije biti definiran, zasigurno pozitivno utjecalo na navedene probleme s kojima se poduzeće susreće tijekom svog poslovanja, posebice tijekom navedenog perioda zamjene guma.

2.2. Definiranje poslovnog cilja

Ovim projektom bismo željeli, prije svega, prikazati trenutnu situaciju vezanu uz izmjenu guma kod opisanog vulkanizera. Prikazati kakvo je trenutno stanje s obzirom na određene varijable koje opisuju isto. Samim time, detaljnim uvidom u trenutno poslovanje možemo vidjeti koje od mogućih poboljšanja ima najveći utjecaj na smanjenje reda čekanja, koje predstavlja i glavnu problematiku našeg projekta. Naš primarni poslovni cilj odnosi se na smanjenje prosječnog vremena čekanja za 30%. Također bi smanjenje reda čekanja klijenata omogućilo i bržu cirkulaciju istih, što bi rezultiralo smanjenjem gušenja koje nastaje na samom parkingu i prilazu prema radionici u kojoj se vrši zamjena guma.

3. Opis prikupljenih podataka

Sami podaci su prikupljeni na temelju razgovora s vlasnikom (Dubravko Brlić) „Autopraonice i vulkanizacije Blic“. Konkretno, vrijednosti koje su prikupljene jesu vremena potrebna za promjenu seta guma kao i vremena u kojima su dolazili klijenti, na temelju kojih smo došli do samog broja klijenata koji je došao zatražiti uslugu na dan 12.11.2021. godine, tijekom radnog vremena koje traje od 8:00:00 do 17:00:00. Razlog zašto je odabrani baš taj dan leži u tome što se nalazi neposredno pred datum koji je zapravo gornja granica zamjene ljetnog seta za zimski, pa su u to vrijeme najveće gužve. Dakle, varijable koje će se koristiti unutar samog projekta jesu:

- Vrijeme između dolazaka korisnika usluge
- Vrijeme usluživanja

Detaljan prikaz svih vremena u kojima su klijenti dolazili, kao i prikaz i analizu vremena između dolazaka klijenata te svi ostali izračuni prikazani su unutar priložne Excel datoteke.

3.1. Prikaz prikupljenih podataka i varijabli problema

Unutar ovog podnaslova bit će dan prikaz prikupljenih, izvornih podataka koji se odnose na dolazak klijenata u određeno vrijeme te njihovo vrijeme usluživanja i na koje su radno mjesto primljeni. Tablica je vidljiva u nastavku.

VRIJEME DOLASKA KORISNIKA USLUGE	VRIJEME USLUŽIVANJA (MIN)	MJESTO USLUŽIVANJA (1,2,3)
8:07:00	31	1
8:18:00	34	2
8:23:00	38	3
8:30:00	30	1
8:45:00	33	2
9:04:00	32	3
9:14:00	35	1
9:20:00	28	2
9:31:00	30	3
9:42:00	31	1
10:01:00	34	2
10:12:00	32	3
10:23:00	30	1
10:25:00	29	2
10:29:00	31	3
10:37:00	33	1
10:42:00	32	2
10:47:00	28	3
11:01:00	30	1
11:08:00	31	2
11:12:00	20	3
11:19:00	30	1
11:27:00	33	3
11:35:00	29	2
11:48:00	30	1
11:59:00	34	3
12:09:00	41	2
12:21:00	34	1
12:33:00	30	3
12:41:00	37	2
13:01:00	31	1
13:15:00	28	3
13:29:00	24	2
13:41:00	30	1

13:58:00	33	3
14:08:00	31	2
14:13:00	32	1
14:28:00	35	3
14:34:00	29	2
14:38:00	32	1
14:46:00	30	3
14:58:00	28	2
15:17:00	22	1
15:28:00	36	3
15:34:00	31	2
15:43:00	30	1
15:57:00	32	2
16:12:00	29	3
16:17:00	24	1

Tablica 1. Prikupljeni podaci vremena dolazaka, vremena i mjesta usluživanja

Kako unutar prethodne tablice imamo detaljno opisana vremena dolaska, tijekom cijelog radnog vremena, izvukli smo nekoliko bitnih podataka koji će se koristiti u daljnjem radu. Prije svega, izračunali smo koliko je vremena potrebno da se svakom klijentu pruža usluga zamjene guma. Kako nam je poznat podatak o broju radnih mjesta, izračunali smo i redoslijed popunjavanja istih, s obzirom na sam dolazak klijenata. Nakon same analize došli smo do zaključka kako je u promatranom danu zauzetost radnih mjesta, konkretno dizalica, bila približno jednako raspodijeljena, a iznosi su sljedeći :

- Dizalica 1 - 34,69%
- Dizalica 2 - 32,65%
- Dizalica 3 - 32,65%

Također smo na temelju prikupljenih podataka utvrdili i vremena dolazaka između klijenata, koja smo grupirali u određene razrede, a isti ujedno predstavljaju jednu od ulaznih varijabli kako bi simulirali učestalost dolazaka. Grupirane podatke o vremenima između dolazaka možemo vidjeti u tablici koja slijedi.

Period (min)	2 - 5	5 - 8	8 - 11	11 - 14	14 - 17	17 - 20	Ukupno
Broj dolazaka	4	12	9	12	7	5	49

Tablica 2. Grupirani podaci s obzirom na broj dolazaka klijenata

Unutar prikazane tablice smo prilikom određivanja perioda koristili alat EasyFit. Iste smo prikazali bez isključivanja radi jednostavnijeg prikaza, no prilikom brojanja dolazaka izvršili smo grupiranje na precizniju točku. Konkretno, imamo definirani period od 2 - 5 minuta i od 5 - 8 minuta, a prilikom definiranja razlike u vremenu između dolaska imamo nekoliko razlika u iznosu od 5 minuta. Tada smo tu vrijednost pribrojili periodu više, odnosno donji period smo gledali kao period od 2:00 - 4:59 minuta. Na isti način smo gledali i na sve ostale periode unutar dane tablice.

Na temelju prikupljenih podataka o vremenima usluživanja korisnika usluge izraženim u minutama, kao i kod prethodne varijable, definirali smo grupe podataka uz pomoću alata EasyFit. Princip prikaza i brojanja je isti kao i u prethodnoj tablici. Prilikom prikaza, radi same jednostavnosti, nismo primijenili isključivanje no prilikom brojanja učestalosti za pojedini period koristili smo također pravilo grupiranja na precizniju točku. Takav prikaz podataka se nalazi na sljedećoj tablici.

Vrijeme usluživanja korisnika usluge (min)	20 - 23,5	23,5 - 27	27 - 30,5	30,5 - 34	34 - 37,5	37,5 - 41	Ukupno
Učestalost	2	2	18	17	8	2	49

Tablica 3. Grupirani podaci s obzirom na vrijeme usluživanja korisnika usluge

4. Statistička obrada podataka

U ovom će se poglavlju obraditi te prikazati podaci iz tablica 2 i 3 kako bi oni mogli biti upotrebljivi za izvođenje simulacije. Obrada podataka izvršena je u statističkome alatu EasyFit. Uz pomoć EasyFit-a se provjeravalo odgovaraju li podaci nekoj od statističkih distribucija, odnosno koja to distribucija najbolje reprezentira prikupljene podatke.

4.1. Obrada podataka u EasyFit-u

EasyFit omogućava korisnicima laku obradu i prikaz osnovnih statističkih informacija o podacima, tj. prikaz informacija deskriptivne statistike.

Takav prikaz informacija je vidljiv na slici 2 na kojoj je prikazana deskriptivna statistika za varijablu vrijeme usluživanja. Na njoj je moguće vidjeti da je broj podataka u obrađenom skupu podataka 49, raspon tih vrijednosti iznosi 21, aritmetička sredina je 30.959, a standardna devijacija 3.7135. Također, možemo vidjeti informacije o percentilima. Primjerice, minimalna vrijednost vremena usluživanja je 20 minuta, najveća je 41 minuta, dok je medijan 31.

Descriptive Statistics			
Statistic	Value	Percentile	Value
Sample Size	49	Min	20
Range	21	5%	23,0
Mean	30,959	10%	28
Variance	13,79	25% (Q1)	29,5
Std. Deviation	3,7135	50% (Median)	31
Coef. of Variation	0,11995	75% (Q3)	33
Std. Error	0,5305	90%	35
Skewness	-0,36347	95%	37,5
Excess Kurtosis	1,9531	Max	41

Slika 2. Prikaz deskriptivne statistike za varijablu vrijeme usluživanja klijenta

Na sljedećoj slici se nalazi prikaz deskriptivne statistike za varijablu vrijeme dolaska između klijenata. Broj podataka je isti, dok kod ove varijable raspon vrijednosti iznosi 18, aritmetička sredina je 10.208, a standardna devijacija iznosi 4.5051. Minimalna razlika između dolaska klijenata iznosi dvije minute, maksimalna razlika je 20 minuta, dok je medijan 10.5

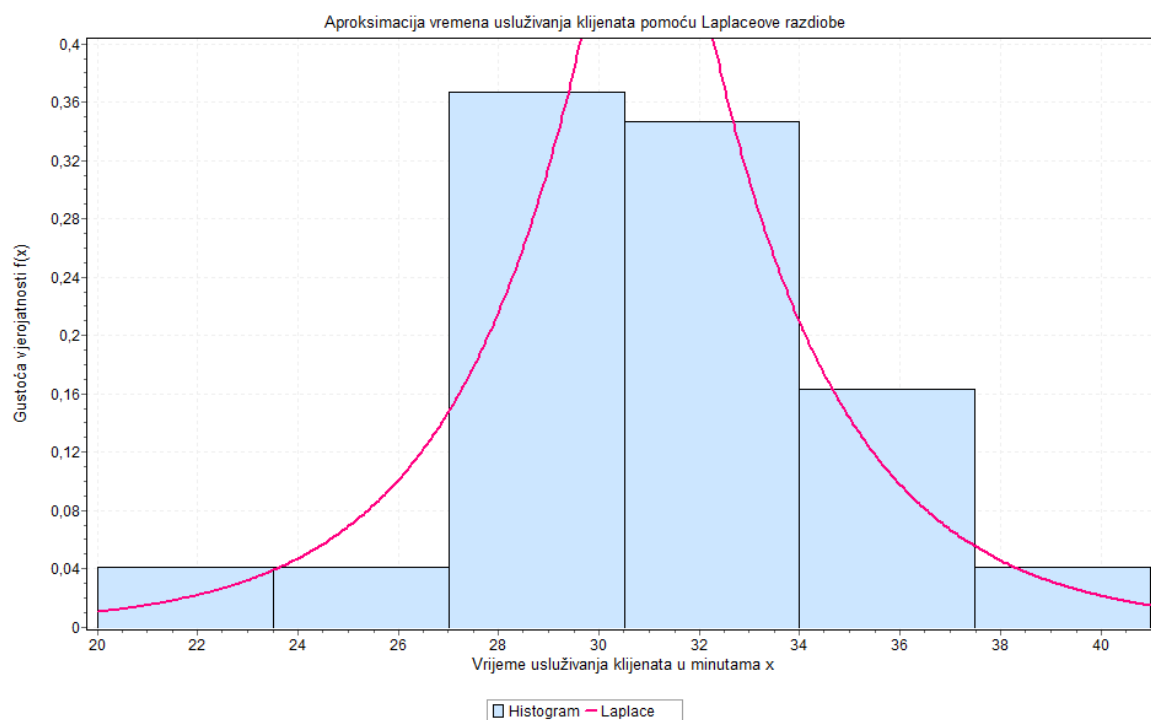
minuta. Može se zaključiti da je minimalna vrijednost za ovu varijablu čak 10 puta manja od maksimalne vrijednosti, što znači da vremenska razlika u kojem dolaze klijenti može jako varirati, što potvrđuje i visoka varijanca, odnosno standardna devijacija.

Descriptive Statistics			
Statistic	Value	Percentile	Value
Sample Size	48	Min	2
Range	18	5%	4
Mean	10.208	10%	4.9
Variance	20.296	25% (Q1)	6.25
Std. Deviation	4.5051	50% (Median)	10.5
Coef. of Variation	0.44132	75% (Q3)	13.75
Std. Error	0.65026	90%	17.2
Skewness	0.37183	95%	19
Excess Kurtosis	-0.51291	Max	20

Slika 3. Prikaz deskriptivne statistike za varijablu vrijeme dolaska između klijenata

Osim deskriptivne statistike potrebno je bilo i odrediti razdiobe koje najbolje odgovaraju prikupljenim podacima. Kako bi se to odredilo, potrebno je odrediti vrstu pojedine varijable (diskretna ili kontinuirana). Varijabla vrijeme usluživanja klijenta je kontinuirana, a isto vrijedi i za varijablu vrijeme dolaska između klijenata.

Alat EasyFit nudi mnogo različitih razdioba koje bi na određen način mogle odgovarati, tj. aproksimirati varijablu vrijeme usluživanja. Razdioba koja najbolje aproksimira varijablu vrijeme usluživanja je Laplaceova razdioba, a njen prikaz je vidljiv na slici 4.



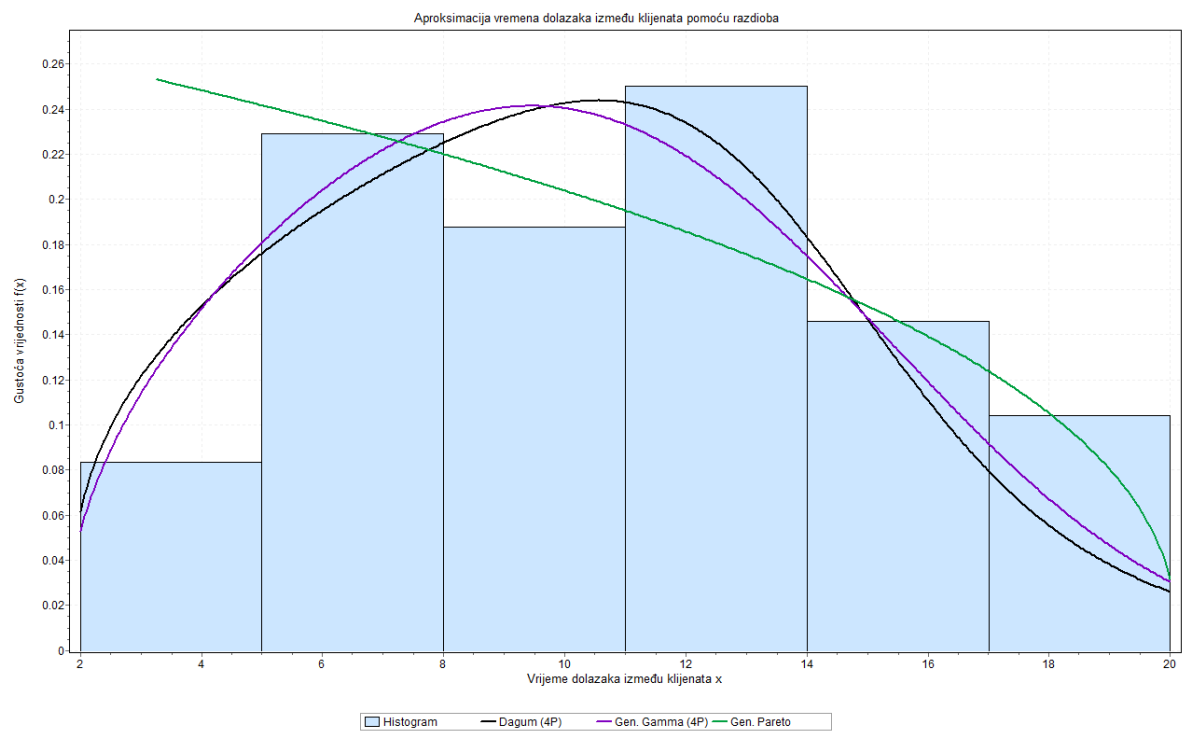
Slika 4. Prikaz aproksimacije varijable vrijeme usluživanja pomoću Laplaceove razdiobe

Razlog zašto je određena upravo Laplaceova razdioba je taj što je ona najbolje rangirana razdioba na temelju Kolmogorov-Smirnov testa te Anderson-Darling testa, dok je za χ^2 (Chi-Squared) test rangirana kao druga najbolja. Detaljniji rezultati za aproksimaciju varijable vrijeme usluživanja uz pomoć Laplace-ove razdiobe koje je generirao statistički alat EasyFit su vidljivi na slici 5.

Goodness of Fit - Details [hide]					
Laplace [#32]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	49				
Statistic	0,1021				
P-Value	0,64909				
Rank	1				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,14987	0,17128	0,19028	0,21277	0,22828
Reject?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Sample Size	49				
Statistic	0,4501				
Rank	1				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	1,3749	1,9286	2,5018	3,2892	3,9074
Reject?	No	No	No	No	No
Chi-Squared					
Deg. of freedom	4				
Statistic	1,1414				
P-Value	0,88764				
Rank	2				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	5,9886	7,7794	9,4877	11,668	13,277
Reject?	No	No	No	No	No

Slika 5. Detaljni rezultati aproksimacije varijable vrijeme usluživanja preko Laplace-ove razdiobe

Što se tiče aproksimacije varijable vrijeme dolaska između klijenata, alat EasyFit daje nekoliko potencijalnih kandidata za odabir najbolje razdiobe za aproksimaciju ove varijable. Takve razdiobe su: Dagum (4P), Gen. Gamma (4P) i Gen. Pareto čiji je prikaz vidljiv na slici 6. Lako je uočljivo da takve razdiobe aproksimiraju slične vrijednosti. Primjerice, u odnosu na preostale promatrane razdiobe, Gen. Pareto razdioba ima oko 2% manju vjerojatnost da generira vrijednost 8, dok primjerice za vrijednost 17 ima 2% veću vjerojatnost od ostalih promatranih razdioba. Na slici 7, se nalazi prikaz sažetka, tj. različitih rangova pojedinih razdioba za aproksimaciju varijable vrijeme dolaska između klijenata koje su dostupne u alatu EasyFit za kontinuirane varijable. Na toj slici je vidljivo da ranije navedene razdiobe imaju najbolje rangove za svaki od testova.



Slika 6. Prikaz aproksimacije varijable vrijeme dolaska između klijenata pomoću različitih razdioba

Goodness of Fit - Summary

#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
8	Dagum (4P)	0.07796	1	0.35417	2	1.8882	16
23	Gen. Gamma (4P)	0.08293	2	0.35682	3	1.8152	12
24	Gen. Pareto	0.08356	3	4.3247	49	N/A	
1	Beta	0.08533	4	0.41894	12	6.8132	43
31	Kumaraswamy	0.08681	5	0.42958	15	7.0805	45
2	Burr	0.08898	6	0.37972	11	2.9862	22
11	Error	0.09122	7	0.51768	26	2.3786	21
50	Pert	0.09184	8	0.35974	4	1.7828	9
30	Johnson SB	0.09314	9	0.33682	1	1.8015	10
42	Nakagami	0.09731	10	0.43636	18	3.4185	33
52	Rayleigh	0.09826	11	0.63467	33	2.1191	19
21	Gen. Extreme Value	0.10002	12	0.37952	10	1.8035	11
7	Dagum	0.10058	13	0.42377	13	3.0251	24
3	Burr (4P)	0.10088	14	0.37228	9	1.8718	15
60	Weibull (3P)	0.10185	15	0.37196	8	1.8629	14
59	Weibull	0.10442	16	0.37015	6	1.7633	6
43	Normal	0.10466	17	0.52032	27	1.7467	5
38	Log-Pearson 3	0.10614	18	0.3604	5	1.9285	17
47	Pearson 5 (3P)	0.10966	19	0.44154	21	6.8535	44
41	Lognormal (3P)	0.11149	20	0.43977	20	3.3771	31
53	Rayleigh (2P)	0.1115	21	0.37119	7	1.9329	18
16	Fatigue Life (3P)	0.11355	22	0.43758	19	3.3609	30
29	Inv. Gaussian (3P)	0.11394	23	0.68391	35	3.6469	37
58	Uniform	0.11436	24	14.988	58	N/A	
37	Log-Logistic (3P)	0.11521	25	0.51263	25	4.0769	39
20	Gamma (3P)	0.1155	26	0.4307	16	3.3432	28
49	Pearson 6 (4P)	0.11554	27	0.43519	17	3.3491	29
6	Chi-Squared (2P)	0.11969	28	0.42792	14	3.2235	25
55	Rice	0.12078	29	0.53276	28	3.9108	38
4	Cauchy	0.12434	30	1.0734	42	1.1043	1
19	Gamma	0.12483	31	0.54087	29	3.3808	32
39	Logistic	0.12537	32	0.685	36	2.2593	20
48	Pearson 6	0.12588	33	0.47418	22	3.2549	27

Slika 7. Prikaz sažetka razdioba (goodness of fit) za varijablu dolaska između klijenata

4.2. Obradeni podaci

U sljedećoj tablici prikazani su statistički podaci o vremenu usluživanja korisnika u minutama. Dakle u tablici su podaci koji nam prikazuju učestalosti obavljanja usluga po klijentima, dakle iz priložene tablice se može vidjeti da je u razredu od 34 - 37,5 minuta obavljeno točno 8 poslova koji su trajali u tom rasponu minuta.

Vrijeme usluživanja korisnika usluge (min)	20 - 23,5	23,5 - 27	27 - 30,5	30,5 - 34	34 - 37,5	37,5 - 41	Ukupno
Učestalost	2	2	18	17	8	2	49
Relativna učestalost (%)	4.0816	4.0816	36.7347	34.6939	16.3265	4.0816	100
Kumulativna distribucija (%)	4.0816	8.1633	44.8980	79.5918	95.9184	100.0000	
Razredi	00 - 4,0815	4,0816 - 8,1632	8,1633 - 44,8979	44,8980 - 79,5917	79,5918 - 95,9183	95,9184 - 99,9999	

Tablica 4. Statistički obrađeni podaci za varijablu vrijeme usluživanja

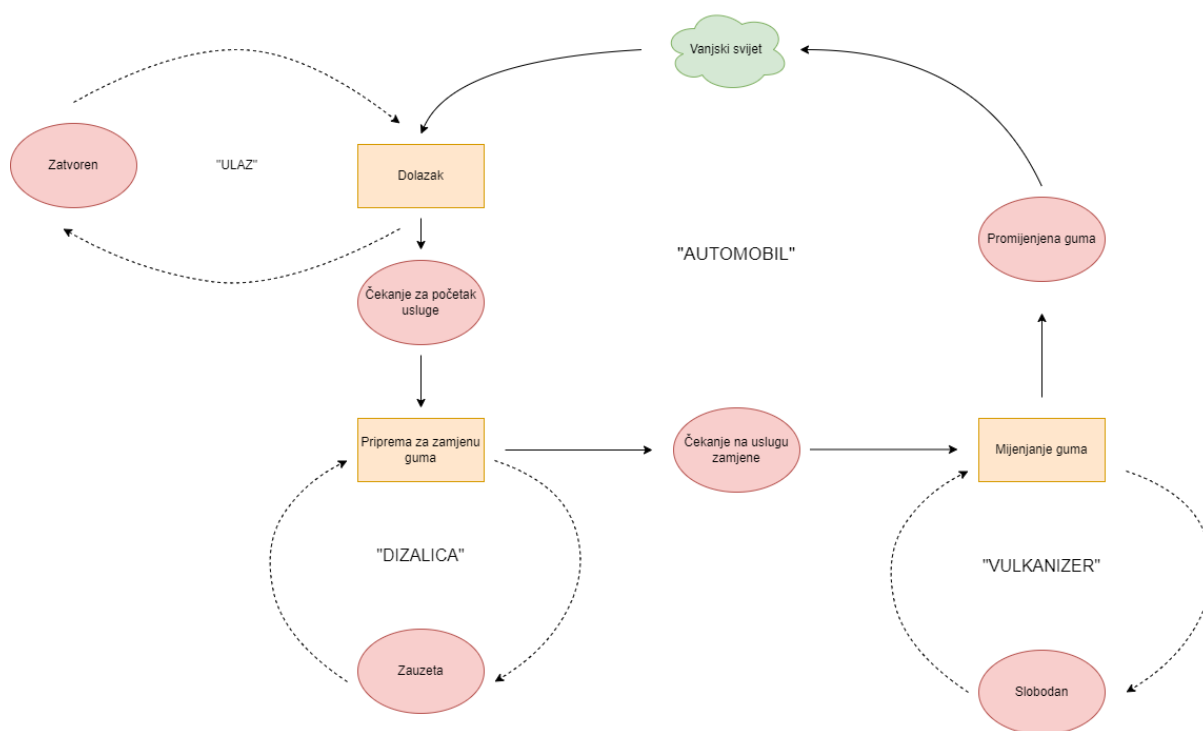
Vrijeme između dolazaka klijenata	2 - 5	5 - 8	8 - 11	11 - 14	14 - 17	17 - 20	Ukupno
Učestalost	4	11	9	12	7	5	48
Relativna učestalost (%)	8.3333	22.9167	18.7500	25.0000	14.5833	10.4167	100
Kumulativna distribucija (%)	8.3333	31.2500	50.0000	75.0000	89.5833	100.0000	
Razredi	00 - 8.3332	8.3333 - 31.2499	31.2500 - 49.9999	50 - 74.9999	75 - 89.5832	89.5833 - 99.9999	

Tablica 5. Statistički obrađeni podaci za varijablu vrijeme između dolazaka klijenata

Tablica iznad prikazuje podatke koji će se kasnije koristiti za simulaciju. Unutar modela za simulaciju budu se generirali brojevi učestalosti dolazaka klijenata.

5. Konceptualni model

Da bismo uspješno strukturirali određeni problem i na vrijeme otkrili određene nedostatke, odnosno prisutne nelogičnosti te samim time na vrijeme iste ispravili, kako bi kasnija simulacija radila bez nekih poteškoća, koristimo konceptualni model. Konceptualni model odabranog sustava odnosi se na formalno grafički opus sustava oslanjajući se na DCA dijagram. DCA dijagram je zapravo dijagram ciklusa aktivnosti, kao što sama kratica govori. Isti prikazuje kretanje aktivnosti uz entitete, stanja u kojima mogu biti kao i postojeće redove čekanja.



Slika 8. dijagram ciklusa aktivnosti sustava promjene guma

Unutar našeg konceptualnog modela imamo četiri entiteta, a to su: Automobil koji pristiže na Ulaz vulkanizerske radionice Blic na zamjenu seta guma, Dizalica koja je nužna u samom procesu zamjene i Vulkanizer koji zapravo izvršava uslugu. Kako je automobil zapravo glavni entitet, vidimo da isti pristiže iz vanjskog svijeta na ulaz radionice. Ukoliko je ulaz zatvoren klijent odlazi, a ukoliko je ulaz otvoren klijent ulazi u red čekanja na početak usluge. Ukoliko se oslobodi dizalica, započinje proces pružanja usluge, odnosno proces zamjene guma, a ukoliko ista nije slobodna klijent čeka na njezino oslobođenje. Po završetku zamjene guma automobil napušta radnju i vulkanizer postaje slobodan za pružanje nove usluge, a dizalica je spremna za novi automobil.

5.1. Vrednovanje konceptualnog modela

Vrednovanje konceptualnog modela je pojam koji u konačnici ispituje ponašanje stvarnog sustava s konceptualnim modelom. To je provjera kojom se utvrđuje ispravno s logičnog ponašanja konceptualnog modela s stvarnim sustavom. Isto tako to moramo gledati i kao proces koji se ponavlja kako bismo kroz podešavanje modela dosegli željenu razinu prihvatljivosti. U ovom projektu smo vrednovanje konceptualnog modela radili s Turingovim testom, a isti takav smo provjeravali te podešavali uz pomoć vlasnika promatranog poduzeća. Konačno, pomoću ove analize smo utvrdili da u izrađenim podacima nema prevelike razlike u odnosu na događaj iz stvarnog okruženja, te je prema tome ovaj model ispravno postavljen.

6. Izrada rješenja za problem

U ovome poglavlju prikazat će se simulacija ovoga problema. Podaci koji su korišteni su već unaprijed definirani i odrađeni u ranijim poglavljima ovoga rada. Alat u kojem je simulacija odrađena je Service Model 4.2. Unutar alata su vidljivi svi parametri za detaljnije objašnjenje rezultata same simulacije i oni će biti interpretirani u daljnjem nastavku.

6.1. Simulacija AS IS

Simulacija AS IS je prikaz trenutnog stanja sustava za promjenu guma za Autopraonu i vulkanizaciju „BLIC“. Prije provođenja same simulacije definirane postavke vidljive su na sljedećoj slici.

Simulation Options

Output Path:

Define run length by:

☒ Time Only ☐ Weekly Time ☐ Calendar Date

☐ Warmup Period

Warm up hours:

Run hours:

Clock Precision

☐ Second ☒ Minute ☐ Hour ☐ Day

Output Reporting

☒ Standard ☐ Batch Mean ☐ Periodic

Interval Length:

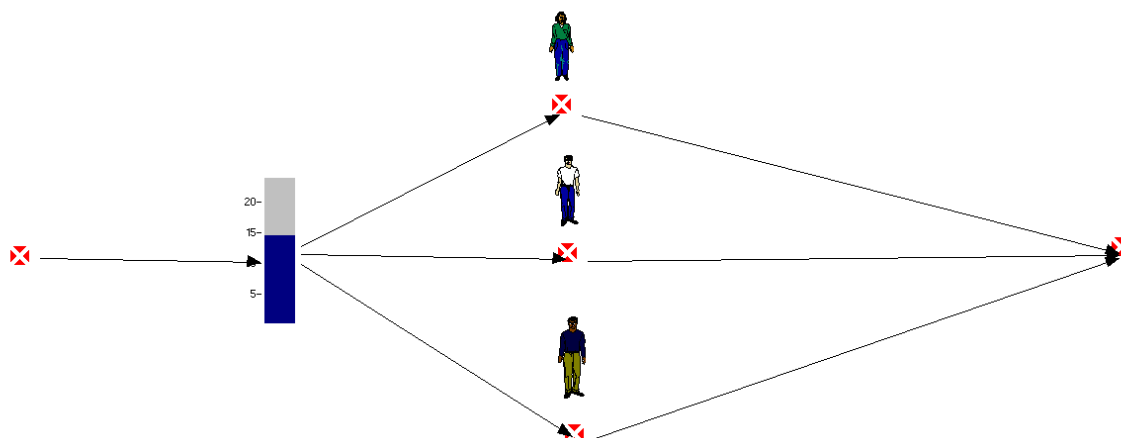
Number of Replications:

☐ Disable Time Series ☐ Disable Animation ☒ Disable Cost ☒ Pause at Start ☐ Display Notes

Slika 9. Postavke simulacije

Kao što na prethodnoj slici možemo vidjeti, vrijeme trajanje simulacije postavljeno je na 8 sati, koliko traje radno vrijeme jednog radnog dana. Osim toga, odabrana je i opcija „Pause at Start“ radi lakšeg upravljanja simulacijom.

Osim samih postavki, izgled modela cjelokupnog sustava vidljiv je na sljedećoj slici.



Slika 10. Prikaz modela sustava

Cjelokupna simulacija sadržava 5 lokacija, jedno skladište te tri resursa. Sustav započinje dolaskom automobila na ulaz. Automobili dolaze dinamikom dolazaka koja je nastala na temelju vlastitog mjerenja. Podatke možemo vidjeti unutar priložene Excel datoteke. Ulaz je kapaciteta jedan, jer jedan po jedan automobil dolaze u sustav. Nakon prolaska kroz ulaz, automobili dolaze na skladište kapaciteta 24. Samo skladište zapravo označava parking koji se nalazi ispred vulkanizerske radionice. Na parkirnom mjestu klijenti, odnosno automobili čekaju svoj red za izmjenu seta guma. Usluga zamjene se vrši na tri radna mjesta od kojih svako ima pridruženi resurs, odnosno svako radno mjesto ima svog radnika. Automobili na radno mjesto dolaze prema pravilu FIRST, odnosno kada dođe automobil, isti zauzima ono radno mjesto koje je slobodno. Usluga zamjene seta guma na pojedinom radnom mjestu izvršava se prema utvrđenim mjerenjima sustava, a podatke možemo također vidjeti unutar priložene Excel datoteke (Vrijeme usluživanja). Ukoliko se desi da su u isto vrijeme dva radna mjesta slobodna, vodili smo se redoslijednim pravilom. Nakon što radnik završi zamjenu seta guma, naplati uslugu klijentu te isti izlazi iz sustava.

Sve lokacije, entitete, resurse, dolaske, distribucije i procese, odnosno sve što je definirano prilikom izrade modela za simulaciju možemo vidjeti na sljedećoj slici.

<pre> ***** * * * Formatted Listing of Model: * * C:\SvcMod4\Strmečki_Šimović_Črnčec_Curić_AS_IS.mod * * * ***** </pre>				<pre> ***** Processing ***** ***** </pre>			
<pre> Time Units: Minutes Distance Units: Meters </pre>				<pre> ***** Process ***** ***** </pre>			
<pre> ***** Locations ***** ***** </pre>				<pre> ***** Routing ***** ***** </pre>			
<pre> Name Cap Units Stats Rules Cost ----- Ulaz 1 1 Time Series Oldest, , Parking 24 1 Time Series Oldest, , RM1 1 1 Time Series Oldest, , RM2 1 1 Time Series Oldest, , RM3 1 1 Time Series Oldest, , Izlaz_iz_sustava 1 1 Time Series Oldest, , </pre>				<pre> Entity Location Operation Blk Output Destination Rule Move Logic ----- ALL Ulaz 1 ALL Parking FULL 1 ALL Parking 1 ALL RM1 FIRST 1 ALL RM1 1 ALL RM2 FIRST 1 ALL RM2 1 ALL RM3 FIRST 1 ALL Izlaz_iz_sustava 1 ALL EXIT FIRST 1 </pre>			
<pre> ***** Entities ***** ***** </pre>				<pre> ***** Arrivals ***** ***** </pre>			
<pre> Name Speed (mpm) Stats Cost ----- Automobil 50 Time Series </pre>				<pre> Entity Location Qty each First Time Occurrences Frequency Logic ----- Automobil Ulaz 1 INF Dolasci() </pre>			
<pre> ***** Resources ***** ***** </pre>				<pre> ***** User Distributions ***** ***** </pre>			
<pre> Name Units Stats Res Ent Search Path Motion Cost ----- Radnik1 1 By Unit None Oldest Empty: 150 mpm Full: 150 mpm Radnik2 1 By Unit None Oldest Empty: 150 mpm Full: 150 mpm Radnik3 1 By Unit None Oldest Empty: 150 mpm Full: 150 mpm </pre>				<pre> ID Type Cumulative Percentage Value ----- Dolasci Discrete No 0 0 8.3333 4 22.9167 6 18.7500 8 25.0000 11 14.5833 14 10.4167 19 0 0 4.0816 21.75 4.0816 25.25 36.7348 28.75 34.6939 32.25 16.3265 35.75 4.0816 39.25 </pre>			

Slika 11. Prikaz opisa modela sustava AS IS

Nakon što smo sve potrebno definirali provedena je simulacija. Rezultati simulacije jesu vidljivi na slici koja slijedi.

```

-----
General Report
Output from C:\SvcMod4\Strmečki_Šimović_Črnčec_Curić_AS_IS.mod
Date: Jan/06/2022   Time: 04:40:43 PM
-----
Scenario       : Normal Run
Replication    : 1 of 1
Simulation Time : 8 hr
-----

```

LOCATIONS

Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Util
Ulaz	8	1	51	0.000000	0	1	0	0.00
Parking	8	24	51	19.794118	2.10312	7	7	8.76
RM1	8	1	15	30.550000	0.954688	1	1	95.47
RM2	8	1	15	29.866667	0.933333	1	1	93.33
RM3	8	1	14	31.178571	0.909375	1	1	90.94
Izlaz iz sustava	8	1	41	0.000000	0	1	0	0.00

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Multiple Capacity)

Location Name	Scheduled Hours	% Empty	% Partially Occupied	% Full	% Down
Parking	8	28.33	71.67	0.00	0.00

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Single Capacity/Tanks)

Location Name	Scheduled Hours	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
Ulaz	8	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
RM1	8	95.47	0.00	4.53	0.00	0.00	0.00
RM2	8	93.33	0.00	6.67	0.00	0.00	0.00
RM3	8	90.94	0.00	9.06	0.00	0.00	0.00
Izlaz iz sustava	8	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00

RESOURCES

Resource Name	Units	Scheduled Hours	Number Of Times Used	Average Minutes Per Usage	% Util
Radnik1	1	8	15	30.550000	95.47
Radnik2	1	8	15	29.866667	93.33
Radnik3	1	8	14	31.178571	90.94

RESOURCE STATES BY PERCENTAGE

Resource Name	Scheduled Hours	% In Use	% Idle	% Down
Radnik1	8	95.47	4.53	0.00
Radnik2	8	93.33	6.67	0.00
Radnik3	8	90.94	9.06	0.00

FAILED ARRIVALS

Entity Name	Location Name	Total Failed
Automobil	Ulaz	0

ENTITY ACTIVITY

Entity Name	Total Exits	Current Quantity In System	Average Minutes In System	Average Minutes In Move Logic	Average Minutes Wait For Res, etc.	Average Minutes In Operation	Average Minutes Blocked
Automobil	41	10	47.835366	0.000000	0.000000	30.969512	16.865854

ENTITY STATES BY PERCENTAGE

Entity Name	% In Move Logic	% Wait For Res, etc.	% In Operation	% Blocked
Automobil	0.00	0.00	64.74	35.26

Slika 12. Izlazni rezultati simulacije AS IS

Na temelju izlaznih rezultata simulacije možemo vidjeti kako je ukupno u sustav ušlo 51 vozilo koje je došlo na zamjenu seta guma, dok je iz sustava ukupno izašlo 41, dakle još 10 entiteta, odnosno vozila je u sustavu, od čega je 7 vozila na parkiralištu, a 3 vozila na radnim mjestima. Također možemo vidjeti kako je unutar skladišta, odnosno u našem slučaju parkinga, 71.67% vremena bilo klijenata koji su čekali na uslugu. Resursi na radnim mjestima na kojima se pruža usluga zamjene seta guma imaju poprilično jednak udio obrade, odnosno RM1 i RM2 su obradili 15 vozila, dok je na RM3 obrađeno 14 vozila. Na temelju aktivnosti entiteta možemo vidjeti kako je svaki entitet bio prosječno u cjelokupnom sustavu 47.835366 minuta, gdje je prosječno čekanje iznosilo 16.865854 minuta.

6.2. Potencijalno TO BE rješenje

Simulaciju novog eksperimentalnog modela, tj. potencijalnog TO BE rješenja, proveli smo također kroz program Service Model. Kao konačno rješenje za TO BE model za ovaj eksperiment odlučili smo staviti novo radno mjesto i radnika koji tamo radi. Dakle, dodan je jedan resurs više. Prikaz TO BE modela vidljiv je na slici 13, gdje se može vidjeti ta promjena u odnosu na početni model, koja u konačnici daje pozitivne rezultate simulacije naspram AS IS modela sustava.

Kao što možemo vidjeti, entiteti, odnosno automobili su ostali isti. Kod lokacija smo dodali još jedno radno mjesto (RM4), a samim time smo dodali i još jedan resurs (Radnik 4) koji je vezan uz to radno mjesto. Korisničke distribucije su iste kao i prvobitno izračunate, a sam tok poslovanja je usklađen s promjenama.

6.3. Usporedba rezultata simulacije AS IS i potencijalnog TO BE rješenja

Kako je u novom eksperimentalnom modelu (potencijalni TO BE model) dodan novi resurs, odnosno novo radno mjesto, za očekivati je da će se smanjiti vrijeme čekanja klijenata što je zapravo i primarni cilj ovog projekta. Eksperimentalnim modelom je takav cilj i ostvaren, a njezini rezultati te usporedba sa rezultatima AS IS simulacijskog modela se nalazi na sljedećoj tablici.

	AS IS model	Eksperimentalni model
Prosječno vrijeme klijenta u sustavu (min)	47.835366	34.916667
Prosječno vrijeme usluživanja klijenta (min)	30.969512	31.593750
Prosječno vrijeme čekanja klijenta (min)	16.865854	3.322917
Postotak vremena usluživanja klijenta u odnosu na ukupno provedeno vrijeme u sustavu	64.74%	90.48%
Postotak vremena čekanja klijenta u odnosu na ukupno provedeno vrijeme u sustavu	35.26%	9.52%

Tablica 6. Usporedba rezultata AS IS modela i eksperimentalnog modela

Iz gornje tablice se može zaključiti da je prosječno vrijeme koje klijent provodi u sustavu u eksperimentalnom modelu smanjeno za čak 12.92 minute. Konkretnije, ono što je najvažnija informacija – prosječno vrijeme čekanja, u eksperimentalnom modelu je smanjeno

za 13.54 minute, odnosno za oko 80%. Takav dobiveni rezultat je zapravo puno bolji od početnog postavljenog cilja u kojem se ciljalo na smanjenje prosječnog vremena čekanja za 30%. Na sljedećoj slici se nalazi detaljniji prikaz rezultata simulacije eksperimentalnog modela.

General Report

Output from C:\SvcMod4\Strmecki_Simovij_Erñeac_Curija_BLIC_TO_BE.mod

Date: Jan/06/2022 Time: 04:39:00 PM

Scenario : Normal Run

Replication : 1 of 1

Simulation Time : 8 hr

LOCATIONS

Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Util
Ulaz	8	1	50	0.000000	0	1	0	0.00
Parking	8	24	50	3.190000	0.332292	3	0	1.38
RM1	8	1	14	30.750000	0.896875	1	0	89.69
RM2	8	1	14	29.767857	0.868229	1	1	86.82
RM3	8	1	13	30.923077	0.8375	1	1	83.75
Izlaz iz sustava	8	1	48	0.000000	0	1	0	0.00
RM4	8	1	9	33.027778	0.619271	1	0	61.93

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Multiple Capacity)

Location Name	Scheduled Hours	% Empty	% Partially Occupied	% Full	% Down
Parking	8	75.26	24.74	0.00	0.00

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Single Capacity/Tanks)

Location Name	Scheduled Hours	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
Ulaz	8	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
RM1	8	89.69	0.00	10.31	0.00	0.00	0.00
RM2	8	86.82	0.00	13.18	0.00	0.00	0.00
RM3	8	83.75	0.00	16.25	0.00	0.00	0.00
Izlaz iz sustava	8	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
RM4	8	61.93	0.00	38.07	0.00	0.00	0.00

RESOURCES

Resource Name	Units	Scheduled Hours	Number Of Times Used	Average Minutes Per Usage	% Util
Radnik1	1	8	14	30.750000	89.69
Radnik2	1	8	14	29.767857	86.82
Radnik3	1	8	13	30.923077	83.75
Radnik4	1	8	9	33.027778	61.93

RESOURCE STATES BY PERCENTAGE

Resource Name	Scheduled Hours	% In Use	% Idle	% Down
Radnik1	8	89.69	10.31	0.00
Radnik2	8	86.82	13.18	0.00
Radnik3	8	83.75	16.25	0.00
Radnik4	8	61.93	38.07	0.00

FAILED ARRIVALS

Entity Name	Location Name	Total Failed
Automobil	Ulaz	0

ENTITY ACTIVITY

Entity Name	Total Exits	Current Quantity In System	Average Minutes In System	Average Minutes In Move	Average Minutes Wait For Logic	Average Minutes Wait For Res, etc.	Average Minutes In Operation	Average Minutes In Blocked
Automobil	48	2	34.916667	0.000000	0.000000	0.000000	31.593750	3.322917

ENTITY STATES BY PERCENTAGE

Entity Name	% In Move	% Wait For Logic	% Res, etc.	% In Operation	% Blocked
Automobil	0.00	0.00	90.48	9.52	

Slika 15. Izlazni rezultati simulacije eksperimentalnog modela

Također možemo vidjeti kako iskorištenost dodanog radnog mjesta ne odstupa puno od iskorištenosti prvobitnih radnih mjesta, tako da je zapravo raspoređenost posla vrlo blizu ravnomjernoj raspoređenosti. Isto tako je u odnosu na prvobitno stanje obrađeno 7 automobila više, a razlika u broju automobila koji su ušli u sustav (50) i koji su izašli (48) je također manja nego prvobitno.

6.4. Verifikacija rezultata AS IS

Verifikacija sustava AS IS provedena je pomoću dva testa, a to su Hi kvadrat test i Kolmogorov-Smirnom test. Da bismo izračunali spomenute testove, koristili smo se početnim podacima koji su izračunati na temelju mjerenja sustava i podacima koji su dobiveni simulacijom, a iščitani su iz TRACE datoteke.

Prvo smo proveli Hi kvadrat test za varijablu Vrijeme usluživanja korisnika usluge, a nakon toga za varijablu Vrijeme između dolazaka clijenata. Rezultate testa za prvu varijablu možemo vidjeti na slici koja slijedi.

Hi kvadrat test: $\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$						

Slika 16. Prikaz rezultata Hi kvadrat testa za varijablu Vrijeme usluživanja korisnika usluge

U tablici imamo ukupno 6 intervala, samim time $df = 6 - 1 = 5$. Izračunata vrijednost Hi kvadrat testa za prvu varijablu iznosi 0.7929, na temelju čega možemo zaključiti kako se prihvaća hipoteza H_0 , odnosno izračunata vrijednost Hi kvadrat testa je manja ili jednaka od tablične vrijednosti i to znači da Hi kvadrat test za varijablu Vrijeme usluživanja korisnika usluge pokazuje da su podaci dobiveni simulacijom sa 95%-tom vjerojatnosti jednaki podacima koje bi generirao stvarni sustav u jednakom vremenskom intervalu.

Za drugu varijablu iz našeg sustava, odnosno za varijablu Vrijeme između dolazaka klijenata Hi kvadrat možemo vidjeti na slici u nastavku.

Hi kvadrat test: $\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$						

Slika 17. Prikaz rezultata Hi kvadrat testa za varijablu Vrijeme između dolazaka klijenata

Unutar prethodne tablice, koja je vezana za drugu varijablu, imamo također 6 vremenskih intervala pa je samim time $df = 5$, kao i za prethodnu varijablu. Možemo vidjeti kako je sumirana vrijednost H_i kvadrat testa jednaka 3.6218, na temelju čega se također prihvaća hipoteza H_0 , odnosno izračunata vrijednost je također veća od tablične vrijednosti što znači da H_i kvadrat test za varijablu Vrijeme između dolazaka klijenata pokazuje da su podaci dobiveni simulacijom sa 95%-tom vjerojatnosti jednaki podacima koje bi generirao stvarni sustav u jednakom vremenskom intervalu.

Drugi test koji smo proveli jest Kolmogorov-Smirnov test. Isti daje najbolje rezultate za male uzorke. Nakon izračuna istog, koristimo hipoteze koje se potvrđuju ili odbacuju. Rezultati tog testa pokazuju najbolje rezultate za naš sustav s obzirom da ima mali broj uzoraka. Prilikom računanja istog, prvo smo odredili tabličnu vrijednost oznake D_{tab} , prema formuli:

$$D_{tab} = \frac{1,36}{\sqrt{N}}$$

N se odnosi na broj zapisa generiranih u simulaciji. Provedeni test nad našom prvom varijablom, odnosno nad varijablom Vrijeme usluživanja korisnika usluge možemo vidjeti na slici.

KS test						
	K1	K2	K1 - K2			
20 - 23,5	0.040816	0.022727	0.018089			
23,5 - 27	0.081633	0.068182	0.013451		MAX=	0.022264
27 - 30,5	0.44898	0.431818	0.017162			
30,5 - 34	0.795918	0.818182	0.022264			
34 - 37,5	0.959184	0.954545	0.004639			
37,5 - 41	1	1	0			
H_0 hipoteza: $D_{max} \leq D_{tab}$					$D_{tab} =$	0.205028
H_1 hipoteza: $D_{max} > D_{tab}$						
Prihvaća se H_0 hipoteza -> $D_{max} \leq D_{tab}$						

Slika 18. Kolmogorov-Smirnov test nad varijablom Vrijeme usluživanja korisnika usluge

Na temelju rezultata možemo vidjeti kako se u našem slučaju za prvu varijablu prihvaća hipoteza H_0 , odnosno izračunata vrijednost najveće udaljenosti $D_{max}=0.022264$ je manja ili jednaka od tablične vrijednosti $D_{tab}=0.205028$. Samim time, možemo zaključiti validnost KS testa, odnosno KS test za varijablu Vrijeme usluživanja korisnika usluge pokazuje da su podaci dobiveni simulacijom sa 95%-tom vjerojatnosti jednaki podacima koje bi generirao stvarni sustav u jednakom vremenskom periodu.

Isto tako imamo proveden test i za drugu varijablu, odnosno za Vrijeme između dolazaka klijenata. Rezultati su vidljivi na slici koja slijedi.

	K1	K2	K1 - K2			
2 - 5	0.083333	0.1	0.016667		MAX =	0.1075
5 - 8	0.3125	0.42	0.1075			
8 - 11	0.5	0.6	0.1		Dtab =	0.192333
11 - 14	0.75	0.76	0.01			
14 - 17	0.895833	0.9	0.004167			
17 - 20	1	1	0			
Prihvaća se H0 hipoteza -> Dmax <= Dtab						
H ₀ hipoteza: Dmax ≤ Dtab						
H ₁ hipoteza: Dmax > Dtab						

Slika 19. Kolmogorov-Smirnov test nad varijablom Vrijeme između dolazaka klijenata

Na temelju rezultata možemo vidjeti kako se za drugu varijablu prihvaća hipoteza H₀, odnosno izračunata vrijednost najveće udaljenosti D_{max}=0.1075 je manja ili jednaka od tablične vrijednosti D_{tab}=0.192333. Samim time, možemo zaključiti validnost KS testa, odnosno KS test za varijablu Vrijeme između dolazaka klijenata pokazuje da su podaci dobiveni simulacijom sa 95%-tom vjerojatnosti jednaki podacima koje bi generirao stvarni sustav u jednakom vremenskom periodu.

7. Zaključak

U ovome radu je predstavljen problem čekanja u redu prilikom izmjene seta guma u autopraonici i vulkanizaciji „Blic“. Problem je analiziran te na temelju prikupljenih i obrađenih podataka te informacija o poslovnom sustavu napravljen je model i izvršena je njegova simulacija. Verifikacijom simulacije je utvrđeno da podaci generirani simulacijom su sa 95%-tom vjerojatnosti jednaki onima koje bi stvarni sustav generirao u jednakom vremenskom periodu. Takav dobiveni rezultat verifikacije je poslužio kao dobar temelj za usporedbu rezultata prvobitnog AS IS modela sa rezultatima simulacije eksperimentalnog modela koji ujedno predstavlja i potencijalno TO BE rješenje. Simulacijom nad eksperimentalnim modelom je dobiven rezultat smanjenja prosječnog čekanja klijenata za 80% u odnosu na trenutno stanje sustava, a time je u potpunosti realiziran definirani cilj smanjenja vremena čekanja klijenata za 30%.

S obzirom na to da je postignut definirani poslovni cilj, postavlja se pitanje da li je dobiveni rezultat simulacije eksperimentalnog modela dovoljno dobar da se i u promatranom poslovnom sustavu napravi predložena promjena. Kako je dobiveni rezultat više od 2.5 puta bolji od postavljenog poslovnog cilja, lako se može zaključiti da bi autopraonica i vulkanizacija „Blic“ imala koristi od dodavanja novog radnog mjesta i pripadajućeg radnika. Prema tome, ukoliko vlasnik autopraonice i vulkanizacije „Blic“ smatra da ima dovoljnih financijskih sredstava za izvršenje navedene promjene, preporučuje se da se takva promjena i izvrši. Konkretnije, takva promjena bi trebala pozitivno utjecati na poslovanje tvrtke zbog toga što će se u jednom danu moći uslužiti veći broj klijenata što rezultira i većim prihodom. Osim toga, iz perspektive klijenata, zbog kraćeg čekanja u redu, ova bi promjena rezultirala njihovim većim zadovoljstvom te bi zbog toga dosadašnji klijenti mogli preporučiti ovu autopraonicu i vulkanizaciju nekim drugim okolnim sugrađanima.

Popis slika

Slika 1. Autopraona i vulkanizacija „Blic“	3
Slika 2. Prikaz deskriptivne statistike za varijablu vrijeme usluživanja klijenta	9
Slika 3. Prikaz deskriptivne statistike za varijablu vrijeme dolaska između klijenata	10
Slika 4. Prikaz aproksimacije varijable vrijeme usluživanja pomoću Laplaceove razdiobe...	11
Slika 5. Detaljni rezultati aproksimacije varijable vrijeme usluživanja preko Laplace-ove razdiobe.....	12
Slika 6. Prikaz aproksimacije varijable vrijeme dolaska između klijenata pomoću različitih razdioba.....	13
Slika 7. Prikaz sažetka razdioba (goodness of fit) za varijablu dolaska između klijenata	14
Slika 8. dijagram ciklusa aktivnosti sustava promjene guma	16
Slika 9. Postavke simulacije	18
Slika 10. Prikaz modela sustava	19
Slika 11. Prikaz opisa modela sustava AS IS	20
Slika 12. Izlazni rezultati simulacije AS IS	21
Slika 13. Izgled TO BE modela simulacije	22
Slika 14. Prikaz opisa eksperimentalnog modela	22
Slika 15. Izlazni rezultati simulacije eksperimentalnog modela.....	24
Slika 16. Prikaz rezultata Hi kvadrat testa za varijablu Vrijeme usluživanja korisnika usluge25	
Slika 17. Prikaz rezultata Hi kvadrat testa za varijablu Vrijeme između dolazaka klijenata ..	25
Slika 18. Kolmogorov-Smirnov test nad varijablom Vrijeme usluživanja korisnika usluge....	26
Slika 19. Kolmogorov-Smirnov test nad varijablom Vrijeme između dolazaka klijenata	27

Popis tablica

Tablica 1. Prikupljeni podaci vremena dolazaka, vremena i mjesta usluživanja.....	7
Tablica 2. Grupirani podaci s obzirom na broj dolazaka klijenata	7
Tablica 3. Grupirani podaci s obzirom na vrijeme usluživanja korisnika usluge	8
Tablica 4. Statistički obrađeni podaci za varijablu vrijeme usluživanja.....	15
Tablica 5. Statistički obrađeni podaci za varijablu vrijeme između dolazaka klijenata.....	15
Tablica 6. Usporedba rezultata AS IS modela i eksperimentalnog modela	23