

GORDAN STOJČIĆ*, JOVANA MARJANOVIĆ**

MODELIRANJE TEHNOLOGIJE OBRADJE VOZOVA U ŽELEZNIČKOJ TERETNOJ STANICI: PRIMER STANICA ŠID

MODELING OF TECHNOLOGICAL OPERATIONS WITH TRAINS AT FREIGHT TRAIN STATION: EXAMPLE ON ŠID RAILWAY STATION

Datum prijema rada: 19.10.2018.

UDK:656.2+004:519.8

REZIME

Železnička stanica Šid predstavlja važnu tačku na Koridoru X preko koje tranzitira veliki deo međunarodnog robnog železničkog saobraćaja. Znatno manji udeo ima putnički saobraćaj. Zbog toga veoma važno je da tehnološki proces rada stanice bude usklađen sa uslovima rada, koji nastaju u praksi. Usavršavanje prevoznog procesa i razvoj železničkog saobraćaja nezamislivi su bez optimizacije, a optimizacija nezamisliva je bez modeliranja. Ovaj rad prvenstveno se bazira na analizi rada pogranične stanice u teretnom saobraćaju, modeliranju tehnologije i optimizaciji ukupnih troškova obrade teretnih vozova. Predloženi model testiran je na primeru železničke stanice Šid. Za smanjenje vremena zadržavanja vozova u pograničnim stanicama pretpostavljeno je uvođenje novog informacionog sistema.

Ključne reči: tehnologija obrade vozova, pogranična stanica, informacioni sistem, teorija masovnog opsluživanja, troškovi

SUMMARY

Railway station Šid represents an important point on Corridor X through which transits a large part of international railfreight. There is a significantly lower contribution of passenger traffic. Therefore, it is very important that the technological process of the work of the station be harmonized with working conditions that occur in practice. The improvement of the transport process and the development of rail transport are unthinkable without optimization, and optimization is unthinkable without modeling. This paper is primarily based on analysis of the work of the border station in freight traffic, modeling technology and optimizing the total cost of technological operations with freight trains. It is tested on the example of the Šid Railway Station. In order to reduce the retention time of trains in border stations, it is necessary to use a new information system.

Key words: technological operations with trains, border stations, information systems, queueing theory, costs

* Prof. dr Gordan Stojčić, dipl. inž. saobr, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, gordan@uns.ac.rs

** Jovana Marjanović, mast. inž. saobr, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, jovanaprodanovic7@gmail.com

1. UVOD

Železničke stanice predstavljaju službena mesta na železničkim prugama, opremljene takvim kolo-sečnim i drugim postrojenjima koja omogućavaju potpuno ili delimično izvršenje određenih tehničkih, robnih, komercijalnih i putničkih operacija. Pored toga, one predstavljaju i osnovne proizvodne jedinice u železničkom saobraćaju i igraju najvažniju ulogu u obezbeđenju prevoznog procesa, osiguranja bezbednosti saobraćaja, racionalnom korišćenju transportnih sredstava, povećanju proizvodnosti rada i sniženju prevoznih troškova.

Železnička stanica Šid predstavlja važnu tačku na Koridoru X i preko nje tranzitira celokupni međunarodni putnički i robni železnički saobraćaj, te je zbog toga važno da tehnološki proces rada bude dobro optimiziran i usklađen sa uslovima rada koji nastaju u praksi. Drugim rečima, tehnološki proces rada stanice Šid treba što više približiti realnim uslovima poslovanja u stanici.

U pogledu vršenja saobraćajne službe stanica, Šid je rasporedna stanica na magistralnoj, dvokolosečnoj i elektrificiranoj pruzi Beograd – Šid – državna granica i odvojna je stanica za prugu Šid – Sremska Rača (Bijeljina). Stanica Šid nalazi se u km 116+380 pruge Beograd – Šid – državna granica [1]. Regulisanje saobraćaja vozova između Infrastrukture Železnice Srbije (IŽS) i Hrvatskih železnica (HŽ) obavlja se na bazi zajedničkog sporazuma.

U pogledu vršenja transportne službe, stanica Šid otvorena je za prijem i otpremu putnika u unutrašnjem lokalnom i zajedničkom saobraćaju, kao i za prijem i otpremu putnika u međunarodnom saobraćaju. Stanica je otvorena za prijem i otpremu prtljaga, ekspresnih, denčanih i kolskih pošiljki, kao i živih životinja u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju [1].

Stanica Šid ima 10 koloseka za prijem, smeštaj i otpremu vozova. Osim navedenih koloseka u stanici postoji još: jedan kolosek za vaganje i dva koloseka za utovar i istovar kolskih pošiljki, dva manipulativna koloseka, izvlačnjak, kolosek za opravku kola i kolosek za utovar/istovar vozila na sopstvenim točkovima sa čeonom rampom. Iz stanice se odvajaju četiri industrijska koloseka („Žitopromet”, IM „Srem”, „Hempro” i „Mladost”).

2. ANALIZA POSTOJEĆE TEHNOLOGIJE OBRADE VOZOVA

Za potrebe ovog rada utvrđene su aktivnosti kod postojeće tehnologije obrade vozova koje limitiraju zadržavanje vozova. Te aktivnosti nazivaju se aktivnostima na kritičnom putu. Parni i neparni smer odvojeni su jer se tehnološke operacije kod obrade ovih vozova razlikuju.

Vreme trajanja aktivnosti na kritičnom putu, kojima se definiše ukupna tehnologija obrade vozova po kategorijama i smerovima, prikazano je u tabeli 1.

Tabela 1. Vreme trajanja obrade vozova u stanici Šid po kategorijama i smerovima (min).

1. Vozovi sa prevozom putnika u međunarodnom saobraćaju		
	Smer:	
	Šid – Tovarnik, parni	Tovarnik – Šid, neparni
Međunarodni brzi	25	25
Agencijski	25	25
Pogranični putnički	15	15
2. Vozovi za prevoz robe u međunarodnom saobraćaju		
	Smer:	
	Šid – Tovarnik, parni	Tovarnik – Šid, neparni
Mešovitog sastava	120	140
Sa jednorodnim tovarom	90	125
Sa praznim kolima	70	70
3. Vozovi za prevoz putnika u unutrašnjem saobraćaju – oba smera		
	10	
4. Vozovi za prevoz robe u unutrašnjem saobraćaju – oba smera		
Koji otpočinju vožnju u stanici	85	
Koji završavaju vožnju u stanici	70	
Sa delimičnom preradom u stanici	55	

U stanici Šid na obradi vozova radi sledeći broj radnika [1]:

- vozovođa: 2 radnika;
- manevrista: 1/3, odnosno 1 rukovalac i trojica manevrista;
- magacioner: 3 radnika.

Prema planiranom redu vožnje broj putničkih vozova iznosi 41. Od toga međunarodnih brzih vozova ima 16, gde spadaju i pogranični vozovi, kojih ima 6 (15%) i ostali međunarodni brzi vozovi kojih ima 10 (24%), 9 agencijskih vozova koji saobraćaju po potrebi tj. to su vanredni sezonski vozovi, te ih u daljem radu nećemo obrađivati, a putničkih vozova u unutrašnjem saobraćaju takođe 16 [2].

Ukupan broj vozova za prevoz robe je 62. Od toga vozova mešovitog sastava koji tranzitiraju stanicu Šid ima 33 (10 redovnih (30%) i 23 vanredna (70%)), vozova sa jednorodnim tovarom koji tranzitiraju stanicu Šid 11 i svi su vanredni, vozova sa praznim kolima koji tranzitiraju stanicu Šid 4 i svi su vanredni i teretnih vozova u unutrašnjem saobraćaju 14 (2 redovna (14%) i 12 vanrednih (86%)) [2].

Takođe, stanica Šid obrtna je stanica 7 parova regionalnih vozova i tranzitna (pogranična) stanica za jedan par međunarodnih brzih vozova.

3. PRIMENA NOVE TEHNOLOGIJE OBRADJE VOZOVA

Postojanje informacije o dolazećim vozovima u stanici, tj. unapred raspolaganje podacima o vozovima koji dolaze u stanicu, od izuzetnog je značaja. Ona omogućava planiranje rasformiranja i formiranja vozova, sastavljanje operativnih planova rada stanice, odnosno omogućava brzu obradu vozova u stanici i na taj način kraće vreme zadržavanja kola u stanici. Smanjenje vremena zadržavanja kola u stanici direktno utiče na smanjenje vremena, a samim tim i troškova prevoženja robe železnicom [5].

3.1. Uloga i značaj informacionih sistema na železnici

Primena informatike i informacionih tehnologija u železničkom saobraćaju prvenstveno ima zadatak da pomogne ostvarenju opšteg cilja železničkog sistema, koji se ogleda u ostvarenju što većeg transportnog rada uz što je moguće manje troškove.

U novom konceptu železnice zasnovanom na povećanju obima rada i kvaliteta usluga, a posebno na izvršenju zadataka prevoza robe, informacioni sistem železnice dobija posebno veliki značaj.

Informacioni sistem stanice treba da obezbedi [6]:

- racionalizaciju procesa prevoza smanjenjem vremena zadržavanja kola u stanicama i to: smanjenjem vremena trajanja pripremnih operacija, savremenom tehnologijom;
- informacije o vozovima u prispeću preuzimanjem podataka iz informacionog sistema;
- automatsko formiranje rasporeda manevrisanja;
- informacije o svim kolima u stanici;
- praćenje rada stanice sa svim kvalitativnim i kvantitativnim pokazateljima rada;
- brzo i jednostavno pretraživanje podataka iz arhive, da formira arhivu bavljenja kola po tipu;
- formiranje teretnice odlazećeg voza, kao i izveštaj o kočenju i sastavu voza;
- izrađuje potrebne izveštaje i tehnološki proces rada stanice i
- razmenjuje informacije i podatke sa ostalim podsistemima.

Jedan od zadataka informacionog sistema je da obezbedi lakši i efikasniji rad izvršnog osoblja. Da bi se ubrzao i olakšao rad osoblja, kao i da bi se povećala pouzdanost podataka, a i smanjilo vreme zadržavanja kola, treba pristupiti kreiranju jednog kompleksnog informacionog sistema za upravljanje radom stanice Šid koji treba da:

- obezbedi podatke o vozovima u prispeću preuzimajući saobraćajni dosije voza iz informacionog sistema za praćenje izvršavanja reda vožnje;
- kontroliše prispele vozove, automatski određujući namenu koloseka;
- obezbedi praćenje rada stanice u realnom vremenu i time stvori podlogu za upravljanje radom stanice;
- minimalizuje bavljenje kola u stanici;
- ubrza izvršenje tehnoloških operacija na vozovima, manevarskim sastavima i kolima;
- efikasnije i lakše određuje tehnološke postupke;
- omogući pregled kola po kolosecima serijama i pravcima kretanja;
- vodi razne evidencije i statistike;
- omogućuje lakše praćenje kvalitativnih i kvantitativnih pokazatelja rada stanice kao i mogućnost poboljšanja rada stanice i
- informaciono reguliše odnose sa carinskom i fito procedurom, kao i da omogući lakši kontakt sa informacionim sistemima nadležnih državnih institucija i drugo.

Uvođenjem informacionog sistema, koji treba da ispuni navedene zahteve, omogućiće se smanjenje zadržavanja vozova na tehnološkim operacijama u pograničnoj stanici Šid.

Za uspešnu realizaciju zahteva informacionog sistema stanice Šid neophodno je povezivanje svih računarskih podsistema stanice u računarsku mrežu, kao i povezivanje mreže sa glavnim računarom.

Poslovni informacioni sistem železnice treba da pokrije sve oblasti funkcionisanja i rada železnice, poveže ih u logističku celinu rada u kojoj se pojedini delovi železnice dopunjuju. U takvom poslovnom informacionom sistemu treba da se nalaze manji podsistemi koji pokrivaju sledeće delatnosti:

- informacioni sistem za upravljanje transportnim procesima;
- informacioni sistem infrastrukture;
- informacioni sistem održavanja voznih sredstava i
- informacioni sistem uprave.

Informacioni sistem za upravljanje transportnim procesima predstavlja sistem koji treba da omogući upravljanje kompletnim procesom transporta. Tako, sa stanovišta saobraćaja obuhvata se upravljanje svakim pojedinačnim kolima, lokomotivama, vozovima, ranžirnim stanicama, robnim i ostalim stanicama na železničkoj mreži i planiranje osoblja. Sa stanovišta transportne komercijale, prodaju usluga u putničkom i teretnom saobraćaju, tarifsku politiku i marketing.

Novi informacioni sistem zahteva izradu nove tehnologije obrade vozova.

3.2. Tehnologija obrade vozova kod primene nove informacione tehnologije

Primenom nove informacione tehnologije u stanici Šid znatno se smanjilo vreme obrade vozova i potreban broj radnika, a povećala se njihova efikasnost, takođe se smanjio i utrošak kolskih časova, potreban broj koloseka i sl. Glavna prednost nove informacione tehnologije sastoji se u tome što stanica, tačnije otpravnik vozova, može da dobije informaciju o dolazećim vozovima sa glavnog računara, importovanjem teretnice i ostalih podataka na svoj računarski terminal. Na osnovu toga može

da dobije sve podatke o dolazećem vozu, koji su mu potrebni, kako bi blagovremeno organizovao obradu vozova. Nova informaciona tehnologija, samo uz kombinovanje radio vezom, omogućava smanjenje vremena izvršenja popisa i komercijalnog pregleda voza. Zatim, ona omogućava i automatsko sastavljanje Izveštaja o sastavu i kočenju voza S-66, a po potrebi i nove teretnice voza. Sve to utiče na smanjenje potrebnog vremena obrade voza.

U ovom radu za modernizaciju tehnologije rada u pograničnoj stanici Šid razmatran je novi informacioni sistem koji je opisan u radu [5].

Grafički prikazi nove tehnologije obrade vozova prikazani su u prilogima od I do VI.

U daljem radu vršenisu analiza i proračun samo na osnovu tehnologija obrade teretnih vozova jer kod putničkih vreme zadržavanja nije značajno.

Aktivnosti na kritičnom putu za najzastupljenije kategorije vozova za slučaj primene savremenih informacionih sistema date su u tabelama 2 – 7.

Tabela 2. Tranzitni vozovi sa delimičnom preradom (prilog I)

		0	5	10	15	20	25	30	
Aktivnosti na kritičnom putu	manevrista	5							
	vozovoda	25							
	o. vozova					5			
Ukupno vreme zauzetosti		30							

Tabela 3. Međunarodni brzi vozovi – smer parni (prilog II)

		0	5	10	15	
Aktivnosti na kritičnom putu	o. vozova					2
	TKP radnici	13				
	manevrista	9				
Ukupno vreme zauzetosti		15				

Tabela 4. Međunarodni brzi vozovi – smer neparni (prilog III)

		0	5	10	15	
Aktivnosti na kritičnom putu	o. vozova				5	
	TKP radnici	13				
	manevrista	6				
Ukupno vreme zauzetosti		15				

Tabela 5. Putnički vozovi u unutrašnjem saobraćaju – smer parni i neparni (prilog IV)

		0	5	10	
Aktivnosti na kritičnom putu	kondukter	4			
	manevrista	8			
	TKP radnici	8			
Ukupno vreme zauzetosti		8			

Tabela 6. Vozovi mešovito sastava – parni (prilog V)

		0	10	20	30	40	50	60	70
Aktivnosti na kritičnom putu	manevrista		10					10	
	vozovođa		20			20			10
	magacioner			50					10
Ukupno vreme zauzetosti							70		

Tabela 7. Vozovi mešovito sastava – smer neparni (prilog VI)

		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Aktivnosti na kritičnom putu	manevrista		10				5			5	
	vozovođa			50				20			10
	magacioner			50							10
Ukupno vreme zauzetosti							90				

3.3. Potreban broj radnika za slučaj primene nove informacione tehnologije

Potreban broj radnika utvrđen je analitičkim putem:

- potreban broj vozovođa

$$N_v = \frac{N_{mp} \cdot t_{mpv} + N_{mn} \cdot t_{mnv} + N_{dp} \cdot t_{dpv}}{1440 - \sum t_{pn}} = \frac{4 \cdot 50 + 6 \cdot 80 + 6 \cdot 25}{1440 - 120} = 0,63 = 1 \text{ radnik} \quad (1)$$

- potreban broj magacionera

$$N_{mag} = \frac{N_{mp} \cdot t_{mpmag} + N_{mn} \cdot t_{mnmag} + N_{dp} \cdot t_{dpmag}}{1440 - \sum t_{pn}} = \frac{4 \cdot 60 + 6 \cdot 60 + 6 \cdot 5}{1440 - 120} = 0,48 = 1 \text{ radnik} \quad (2)$$

- potreban broj manevrista

$$N_{man} = \frac{N_{mp} \cdot t_{mpman} + N_{mn} \cdot t_{mnman} + N_{dp} \cdot t_{dpman}}{1440 - \sum t_{pn}} = \frac{4 \cdot 20 + 6 \cdot 20 + 6 \cdot 5}{1440 - 120} = 0,17 = 1 \text{ radnik} \quad (3)$$

gde je:

N_v - broj vozovođa

N_{mag} - broj magacionera,

N_{man} - broj manevrista,

N_{mp} - broj vozova mešovito sastava (smer parni) koji se obrađuju u stanici Šid u toku 24 h,

N_{mn} - broj vozova mešovito sastava (smer neparni) koji se obrađuju u stanici Šid u toku 24 h,

N_{dp} - broj vozova sa delimičnom preradom koji se obrađuju u stanici Šid u toku 24 h,

$\sum t_{pn}$ - ukupno vreme trajanja primopredaje smene,

t_m - vreme trajanja obrade voza mešovito sastava,

t_{dp} - vreme trajanja obrade voza sa delimičnom preradom.

4. MODELIRANJE TEHNOLOGIJE RADA TERETNIH VOZOVA U ŽELEZNIČKOJ STANICI ŠID PRIMENOM TEORIJE MASOVNOG OPSLUŽIVANJA

4.1. Ulazni tok

Matematičko očekivanje eksponencijalne raspodele iznosi:

$$M(T) = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.023} = 42 \text{ min} \quad (4)$$

Disperzija eksponencijalne raspodele iznosi:

$$D(T) = \frac{1}{\lambda^2} = \frac{1}{0.023^2} = 1754 \text{ min}^2 \quad (5)$$

Srednja vrednost intervala dolaska vozova iznosi:

$$I_{sr} = \frac{d}{N} \sum_{i=1}^n f_i t_i + t_0 = \frac{30}{33} (-52.3) + 90 = 42 \text{ min} \quad (6)$$

Empirijska disperzija:

$$s^2 = \frac{d^2}{N} \left[\sum_{i=1}^n f_i t_i^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^n f_i t_i \right)^2 \right] = \frac{30^2}{33} \left[138 - \frac{1}{33} (2733.23) \right] = 1501 \text{ min}^2 \quad (7)$$

Standardno odstupanje:

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{1501} = 39 \text{ min} \quad (8)$$

Pošto je:

$$1.96 \frac{39}{\sqrt{33}} = \pm 13.4 \quad (9)$$

sledi da je:

$$P\{42 - 13.4 < \mu < 42 + 13.4\} = 0.95 \text{ odnosno } P\{28.6 < \mu < 57.4\} = 0.95 \quad (10)$$

Standardno odstupanje nalazi se u intervalu pouzdanosti sa verovatnoćom 95% i nezatno se razlikuje od srednje vrednosti intervala dolaska vozova (44).

$$k = \frac{I_{sr}^2}{s^2} = \frac{42^2}{39^2} = \frac{1764}{1501} = 1,2 \quad (11)$$

Sve ovo ukazuje na to da se može pretpostaviti da se empirijska raspodela ponaša po eksponencijalnom zakonu. Stoga je izvršeno testiranje empirijske sa teorijskom raspodelom u Prilogu VII.

Intenzitet dolaska vozova iznosi:

$$\lambda = \frac{1}{I_{sr}} = \frac{1}{42} = 0.023 \text{ vozova / min} \quad (12)$$

χ^2 testom utvrđeno je da nemamo osnova da odbacimo pretpostavljenu hipotezu da intervali dolaska vozova ponašaju se po eksponencijalnoj raspodeli. U tom slučaju nije teško dokazati da ulazni tok ima raspodelu Puasona.

4.2. Vreme opsluživanja

Vreme opsluživanja je jedan od važnih parametara svakog kanala sistema masovnog opsluživanja. Ono pokazuje koliko se vremena utroši za opsluživanje jednog klijenta na posmatranom kanalu i samim tim određuje njegovu propusnu moć. Po pravilu, to je slučajna veličina, koja predstavlja karakteristiku funkcionisanja svakog kanala sistema.

Parametar k za vreme opsluživanja iznosi:

$$k = \frac{M(T)^2}{D(T)} = \frac{42^2}{1754} = \frac{1764}{1754} = 1,01 \quad (13)$$

I u ovom slučaju može se pretpostaviti da se i vreme opsluživanja ponaša po eksponencijalnoj raspodeli. Identična analiza sprovedena je i za vreme opsluživanja čime je potvrđena hipoteza o pretpostavljenoj raspodeli pri čemu je dobijeno matematičko očekivanje vremena trajanja obrade teretnih vozova od 40,2 minuta.

4.3. Sistem masovnog opsluživanja: Puasonov ulazni tok - eksponencijalno vreme opsluživanja

Sistem masovnog opsluživanja sa čekanjem čije su osnovne karakteristike sledeće [8]:

- sistem opsluživanja ima n kanala opsluživanja i m mesta u redu;
- ulazni tok klijenata jeste prost tok tj. Puasonov sa intenzitetom λ ;
- vreme opsluživanja ima eksponencijalnu raspodelu sa intenzitetom μ .

Ovaj sistem često se naziva klasičnim sistemom masovnog opsluživanja i može se označiti Kendallovim oznakama [8]:

$$M(\lambda) / M(\mu) / n / m \quad (14)$$

gde se veličine λ , μ , n , m nazivaju parametrima sistema opsluživanja.

U stanici Šid na prijemnim kolosecima radi ($n = 1$) jedna partija radnika na obavljanju obrade vozova. Prosečan intenzitet dolaska vozova na preradu iznosi $\lambda = 1,4$ vozova/h. Sprovedena statistička analiza pokazuje da se raspodela dolaska vozova ponaša po zakonu Puasona. Vreme obrade vozova jeste slučajna veličina, koja u proseku iznosi $t = 0,67$ h. Broj koloseka namenjen za čekanje vozova na obradu je 3 koloseka ($m = 3$).

Dobijamo sledeći sistem masovnog opsluživanja: $M(1,4) / M(1,5) / 1 / 3$.

Verovatnoće stanja sistema iznose: $p_0 = 0,23$; $p_1 = 0,211$; $p_2 = 0,197$; $p_3 = 0,184$; $p_4 = 0,172$.

Verovatnoća da je sistem potpuno zauzet jednaka je verovatnoći da su svi kanali zauzeti:

$$p_{pz} = p_0 \frac{1 - \alpha^{m+1}}{1 - \alpha} = 0,3 \frac{1 - 0,93^4}{1 - 0,93} = 0,821 \quad (15)$$

što znači da je partija zauzeta obradom vozova 82,1%.

Verovatnoća da se u sistemu nalazi n klijenata, tj. svi su kanali zauzeti, a da r klijenata čeka u redu:

$$p_{1+1} = \frac{\alpha^r \frac{\psi^n}{n!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\psi^k}{k!} + \frac{\psi^n}{n!} \alpha \frac{1 - \alpha^m}{1 - \alpha}} = \frac{0,93^1 \frac{0,93^1}{1}}{1 + \frac{0,93^1}{1} + \frac{0,93^1}{1} 0,93 \frac{1 - 0,93^3}{1 - 0,93}} = 0,197 \quad (16)$$

Verovatnoća opsluživanja klijenata:

$$p_{ops} = \sum_{k=0}^{n+m-1} p_k = 1 - p_{n+m} = 1 - \alpha^m p_n = 1 - 0,93^3 p_0 = 0,815 \quad (17)$$

Srednji broj zauzetih kanala:

$$\bar{n}_z = \sum_{k=0}^n k p_k + n \sum_{r=1}^m p_{n+r} = \psi(1 - \alpha^m p_n) = 0,93 \cdot (1 - 0,804 \cdot 0,23) = 0,763 \quad (18)$$

Srednji broj klijenata koji se nalaze u redu:

$$\bar{k}_r = p_n \alpha \frac{1 - \alpha^m [m(1 - \alpha) + 1]}{(1 - \alpha)^2} = 0,23 \cdot 0,93 \frac{1 - 0,93^3 [3 \cdot (1 - 0,93) + 1]}{(1 - 0,93)^2} = 1,369 \quad (19)$$

Srednje vreme koje klijent provede u redu čekajući na opsluživanje:

$$\bar{t}_r = \frac{\bar{k}_r}{\lambda} = \frac{1,369}{1,4} = 0,978 \text{ h} \quad (20)$$

Srednje vreme koje klijent provede u sistemu:

$$\bar{t} = \frac{\bar{k}_r + \bar{n}_z}{\lambda} = \frac{1,369 + 0,763}{1,4} = 1,523 \text{ h} \quad (21)$$

Da bi se smanjio broj vozova koji čekaju na obradu, a time i ukupno zadržavanje vozova u sistemu, što će doprineti smanjenju kolskih časova zadržavanja kola u stanici, neophodno je povećati broj partija na obradi. Povećanje broja partija znači istovremeno i poskupljenje njihove obrade. Šta je u ovom slučaju optimalno? Da bismo to utvrdili, proračunaćemo pokazatelje sistema, za nepromenjene polazne uslove ($\lambda = 1,4$ vozova/h i $t = 0,67$ h), sem za $n = 1$, za $n = 2$ i $n = 3$, kao i troškova usled zadržavanja kola u sistemu i uvođenja partija radnika. Pri tome, treba imati u vidu da cena RIV najamnine po satu iznosi 0,89 eura. Takođe, za ovu analizu bile su potrebne i bruto plate radnika koje u proseku iznose 44.200,00 rsd za jednu partiju. Optimalan broj partija radnika utvrdićemo minimizirajući funkciju cilja, odnosno:

$$E = E_{zk} + E_{pr} \rightarrow \min \quad (22)$$

$$E = \lambda(24 - \sum t_g) \bar{m}_k c_{kc} + 24 n c_{pr} \rightarrow \min \quad (23)$$

gde je:

E – ukupni troškovi usled zadržavanja kola u sistemu i rada partija radnika na obradi vozova;
 E_{zk} – troškovi usled zadržavanja kola u sistemu;

E_{pr} – troškovi rada partije radnika na obradi vozova;
 m_k – prosečan broj kola u vozu;

$\sum t_g$ – vreme kada se ne mogu primati vozovi na prerađu zbog propuštanja drugih vozova ili održavanja koloseka i kontaktne mreže, za ovaj primer $\sum t_g = 4$ h.

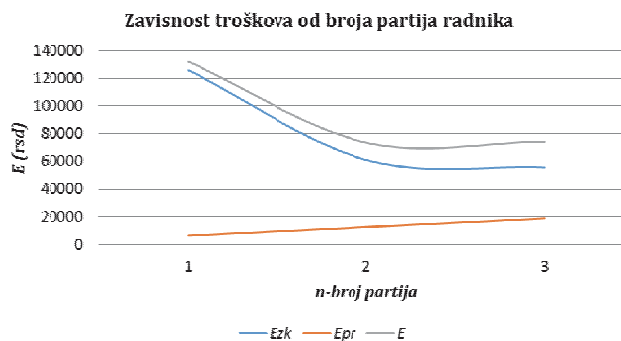
Rezultati proračuna prikazani su u tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Proračuni za broj partija radnika i cene rada na sat

Karakteristike sistema	Broj partija radnika (n)		
	1	2	3
p_0	0,230	0,370	0,390
p_{pz}	0,821	0,197	0,559
p_{ops}	0,815	0,960	0,029
\bar{n}_z	0,763	0,586	0,920
\bar{k}_r	1,369	0,445	0,023
\bar{t}_r (h)	0,978	0,318	0,016
\bar{t} (h)	1,523	0,736	0,670
E_{zk} (rsd)	126.059	61.039	55.566
E_{pr} (rsd)	6.240	12.480	18.720
E (rsd)	132.299	73.519	74.286

Analiza proračuna pokazuje da se pri povećanju broja partija na obradi smanjuje vreme čekanja voza na obradu, tako da pri $n = 1$, $t_r = 0,978 \text{ h} = 58,68 \text{ min}$; za $n = 2$, $t_r = 0,318 \text{ h} = 19,08 \text{ min}$; za $n = 3$, $t_r = 0,016 \text{ h} = 9,6 \text{ min}$.

Funkcija cilja ima svoj minimum za $n = 2$ (slika 4.1). To znači da je najoptimalnije organizovati obradu vozova sa 2 partije radnika tj. kad je $n = 2$, odnosno dva magacionera, dvoje vozovođa i dvoje manevrista, jer se tada postižu minimalni troškovi.



Slika 4.1. Zavisnost troškova od broja partija radnika

Prilog I. Grafikon obrade tranzitnih vozova sa delimičnom preradom

Red. br.	Vrsta operacije	Trajanje operacija u minutima						Izvršio ci
		0	5	10	15	20	25	
1	Dobijanje informacije o dolasku voza sa glavnog računara							unutrašnji O.V.
2	Izveštavanje TKS i komercijalne službe							unutrašnji O.V.
3	Dolazak radnika na ulazni kolosek koji učestvuju u obradi voza							osoblje TK i komercijalne službe
4	Preuzimanje dokumenata	2						spoljni O.V.
5	Promena lokomotive i završnog signala	5						lokomotivsko osoblje i manevrista
6	Tehnički pregled i proba kočnica			15				pregleđač kola
7	Popis, komercijalni i carinski pregled			20				vozovođa, carinski posrednik
8	Sastavljanje S-66 i predaja dokumenata mašinovođi			5				vozovođa
9	Obezbeđenje puta vožnje i otprema			5				otpravnik vozova
10	Ukupno vreme trajanja operacija	30						

Prilog II. Grafikon tehnologije obrade međunarodnih brzih vozova (smer parni)

Red br.	Tehnološka operacija	Vreme trajanja operacije u min.						Izvršioći
		0	5	10	15	20	25	
1	Dobijanje informacije o dolasku voza sa glavnog računara							unutrašnji otpravnik vozova
2	Izveštavanje osoblja koje učestvuje u obradi							unutrašnji otpravnik vozova
3	Dolazak radnika na ulazni kolosek							osoblje TKP-a, manevrista
4	Izlaz i ulaz putnika i prevlačenje voza u carinsku zonu	3						mašinovođa, manevrista
5	Otkvačivanje i odlazak vozne lokomotive ŽS	3						mašinovođa, manevrista
6	Dolazak i zakvačivanje vozne lokomotive HŽ	3						mašinovođa, manevrista
7	Tehnički i komercijalni pregled voza, proba kočnica	13						radnici TKP-a i kondukteri ŽS i HŽ
8	Policijski i carinski pregled voza, blokada voza	10						policija i carina
9	Popis voza, ispostavljanje teretnice i S-66	10						železničko osoblje HŽ
10	Otprema voza	2						otpravnik vozova
11	Ukupno vreme trajanja operacija	15						

Prilog III. Grafikon tehnologije obrade međunarodnih brzih vozova (smer neparni)

Red br.	Tehnološka operacija	Vreme trajanja operacije u min.						Izvršio ci
		0	5	10	15	20	25	
1	Dobijanje informacije o dolasku voza sa glavnog računara							unutrašnji otpravnik vozova
2	Izveštavanje osoblja koje učestvuje u obradi							unutrašnji otpravnik vozova
3	Dolazak radnika na ulazni kolosek							osoblje TKP-a, manevrista
4	Otkvačivanje i odlazak vozne lokomotive HŽ		3					mašinovođa, manevrista
5	Dolazak i zakvačivanje vozne lokomotive ŽS			3				mašinovođa, manevrista
6	Tehnički i komercijalni pregled voza, proba kočnica				13			radnici TKP-a ŽS i kondukteri ŽS i HŽ
7	Policijiski i carinski pregled voza, blokada voza			10				policija i carina
8	Popis voza, ispostavljanje teretnice i S-66			10				železničko osoblje ŽS
9	Izvlačenje voza iz carinske zone i ulazak/izlazak putnika				3			nadzor obavlja spoljašnji otpravnik vozova
10	Otprema voza					2		otpravnik vozova
11	Ukupno vreme trajanja operacija			15				

Prilog IV. Grafikon tehnologije obrade putničkih vozova u unutrašnjem saobraćaju (smer parni i neparni)

Red br.	Tehnološka operacija	Vreme trajanja operacije u min.						Izvršioci
		0	5	10	15	20	25	
1	Dobijanje informacije o dolasku voza sa glavnog računara							unutrašnji otpravnik vozova
2	Izveštavanje osoblja koje učestvuje u obradi							unutrašnji otpravnik vozova
3	Dolazak radnika na ulazni kolosek							osoblje TKP-a, manevrista
4	Izlazak/ulazak putnika		4					nadzor obavljaju kondukter
5	Okretlokomotive - promena upravljačnice			8				manevrista i mašinovođa
6	Tehnički pregled voza			8				radnici TKP-a
7	Ukupno vreme trajanja operacija			8				

Prilog V. Grafikon tehnologije obrade međunarodnih teretnih vozova mešovitog sastava koji tranzitiraju graničnu stanicu Šid (smer parni)

Red br.	Tehnološka operacija	Vreme trajanja operacije u min.													Izvršioći			
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		130		
1	Dobijanje informacije o dolasku voza sa glavnog računara																	otpravnik vozova
2	Priprema operacija – izlaz na ulazni kolosek radnika koji učestvuju u obradi voza																	osoblje TKP-a, manevrista
3	Preuzimanje, odnošenje i predaja propratnih isprava i dokumenata voza	2																vozovoda
4	Skidanje i donošenje završnog signala, otkvačavanje i odlazak vozne lokomotive ŽS	10																mašinovoda, manevrista
5	Tehnički pregled voza	20																radnici TKP-a ŽS
6	Komercijalni pregled voza i provera ili utvrđivanje njegovog sastava	20																vozovoda i tranziter
7	Sravnjenje dokumenata i njihova obrada	20																magacioner
8	Priprema dokumenata za carinu i sastavljanje K-200	20																magacioner
9	Predaja dokumenata carini i carinski pregled	20																magacioner, carinski inspektor
10	Popis voza, ispostavljanje propratnih isprava i sastavljanje Kol-65	20																vozovoda, magacioner
11	Dolazak i zakvačavanje vozne lokomotive HŽ	5																mašinovoda, manevrista
12	Potpuna proba kočnica	5																radnici TKP-a HŽ
13	Donošenje i stavljanje završnog signala	5																manevrista
14	Sravnjenje vraćenih dokumenata sa carine, predaja dokumenata i voznih isprava na voz, otprema voza	10																magacioner, vozovoda, otpravnik vozova
15	Ukupno vreme trajanja operacija	70																

Prilog VI. Grafikon tehnologije obrade međunarodnih teretnih vozova mešovitoj sastava koji tranzitiraju graničnu stanicu Šid (smer neparni)

Red br.	Tehnološka operacija	Vreme trajanja operacije u min.														Izvišćoci		
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130		140	
1	Dobijanje informacije o dolasku voza sa glavnog računara																	telegrafista
2	Pripremna operacija - izlaz na ulazni kolosek radnika koji učestvuju u obradi voza																	osoblje TKP-a, manevrista
3	Preuzimanje, odnošenje i predaja propratnih isprava i dokumenata voza	2																vozovoda
4	Skidanje i donošenje završnog signala, otkvačivanje i odlazak vozne lokomotive HŽ	10																mašnovoda, manevrista
5	Tehnički pregled voza	20																radnici TKP-a ŽS
6	Komercijalni pregled voza, savrnenje dokumenata, ispostavljanje listica Kol-30	20																vozovoda, tranziter, magacioner
7	Obracun, fotokopiranje i lepljenje tranzitnih listica tovarnih listova	30																robni blagajnik, magacioner
8	Priprema dokumenata za inspekcijske i carinske preglede, rad inspekcijiskih službi	30																magacioner, inspektor
9	Lepljenje prelaznih listica Kol-30	30																magacioner, carinski radnik
10	Predaja dokumenata carini i carinski pregled	30																vozovoda
11	Popis voza i ispostavljanje propratnih dokumenata	30																mašnovoda, manevrista
12	Dolazak i zakvačivanje vozne lokomotive ŽS	5																vozovoda
13	Potpuna proba kočnica	20																manevrista
14	Donošenje i stavljanje završnog signala	5																magacioner, vozovoda, o. VOZOVA
15	Savrnenje vraćenih dokumenata sa carine, predaja dokumenata i voznih isprava na voz, otprema voza	10																
16	Ukupno vreme trajanja operacija	90																

Prilog VII. Testiranje hipoteze o slaganju date empirijske raspodele sa eksponencijalnom

Klase intervala dolaska vozova	Sredina klase \bar{t}_i	Frekvencija dolaska vozova f_i	t_i	$f_i t_i$	$t_i^2 f_i$	Empirijske verovatnoće dolaska vozova f_{ri}	Empirijske verovatnoće po eksponencijalnoj raspodeli P_i	Teorijske frekvencije φ_i	$f_i - \varphi_i$	$(f_i - \varphi_i)^2$	$\frac{(f_i - \varphi_i)^2}{\varphi_i}$
0-30	15	17	-2,5	-42,5	106,3	0,52	0,50	17	0	0	0
31-60	45,5	9	-1,48	-13,4	19,8	0,27	0,24	8	1	1	0,15
61-90	75,5	1	-0,48	-0,48	0,2	0,03	0,11	4	-3	9	1,91
91-120	105,5	3	0,52	1,55	0,8	0,09	0,05	2	1	1	1,10
121-150	135,5	2	1,52	0,28	4,6	0,06	0,03	1	1	1	1,03
151-180	165,5	1	2,52	2,22	6,3	0,03	0,01	1	0	0	0
		33		-52,3	138	1,00		33			4,19

Broj stepeni slobode iznosi:

$$k = r - l - 1 = 6 - 1 - 1 = 4$$

Za 4 stepena slobode i $\alpha = 0,05$ nalazimo da je $\chi_{0,05}^{2(4)} = 9,488$.

$\chi^2 = 4,19 < \chi_{0,05}^{2(4)} = 9,488$ \Longleftrightarrow Nemamo osnovu da odbacimo pretpostavljenu hipotezu da intervali dolaska vozova se ponašaju po eksponencijalnoj raspodeli.

Nemamo osnovu da odbacimo pretpostavljenu hipotezu da intervali dolaska vozova se ponašaju po

5. ZAKLJUČAK

Kako železnička stanica Šid predstavlja važnu, može se reći vitalnu, tačku na Koridoru X, neophodno je vršiti ulaganja u cilju njene modernizacije. Pod ovim se prvenstveno podrazumeva modernizacija informacionih sistema, radi što efikasnijeg i kvalitetnijeg vršenja železničkog saobraćaja.

U novom konceptu železnice zasnovanom na povećanju obima rada i kvaliteta usluga, a posebno na izvršenju zadataka prevoza robe, informacioni sistem železnice dobija posebno veliki značaj.

U ovom radu predloženo je uvođenje modernijeg informacionog sistema, na osnovu kojeg su dobijene nove tehnologije obrade vozova, sa kraćima vremenom zadržavanja kola na izvršenju te obrade. Skraćenje vremena obrade postignuto je skraćanjem vremena popisa voza i skraćanjem vremena komercijalnog pregleda. Skraćenje vremena popisa i komercijalnog pregleda voza postiglo bi se na taj način što bi stanica Šid dobijala potrebne podatke o dolazećem vozu od poslednje (susedne) stanice. Pri preuzetim podacima stanica Šid, tj. njeni radnici koji učestvuju u obradi ne bi morali na licu mesta da vrše popis i komercijalni pregled voza, već bi samo vršili kontrolu ispravnosti dobijenih podataka. Takođe, izvršili bi blagovremenu pripremu i organizaciju rada, radi što kraćeg zadržavanja voza na obradi.

Primenom teorije sistema masovnog opsluživanja utvrđena je optimalna varijanta obrade vozova koja podrazumeva angažovanje dve partije radnika, odnosno dva magacionera, dvojice vozovođa i dvojice manevrista jer se tada postižu minimalni troškovi.

ZAHVALNICA

Rad je deo projekta koji je finansiralo Ministarstvo obrazovanja, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, broj: TR 36012.

LITERATURA

- [1] JP „Železnice Srbije“: „Poslovni red stanice Šid I deo“, 2006.
- [2] Infrastruktura Železnice Srbije: „Izvod iz reda vožnje 2016/17“, 2016.
- [3] Stojić G., Vesković S., Čičak M., Modelling of technologies and capacities of technical freight stations, ŽELEZNICE, Vol. 59, Issue 7-8, pp. 207-2019, Beograd, 2003.
- [4] Čičak, M. i Vesković, S.: „Organizacija železničkog saobraćaja“, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2005.
- [5] Stojić, G.: „Optimizacija rada tehničkih teretnih stanica sa posebnim osvrtom na uvođenje novih tehnologija i modeliranje tehnoloških procesa“, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2003.
- [6] Prodanović, J.: „Modeliranje tehnologije i kapaciteta železničke stanice Šid“, Diplomski rad, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2010.
- [7] Čičak, M.: „Modeliranje u železničkom saobraćaju“, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2003.
- [8] Vukadinović, S., Popović, J.: „Matematička statistika“, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2008.
- [9] M Ivić, A Marković, S Milinković, I Belošević, M Marković, S Vesković, N Pavlović, M Kosijer: Simulation model for estimating effects of forming pick-up trains by simultaneous method, Proceedings of 7th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation, Prague, 2010.
- [10] S. Vesković, M. Čičak, S. Milinković, S. Janković: “Modelling And Optimising The Plan Of Making Up Freight Trains With Application”, 10th World Conference on Transport Research, WCTR 2004. Proceedings, Istanbul, Turkey, 4-8.7.2004.
- [11] Vukadinović, S., Popović, J.: „Zbirka rešenih zadataka iz matematičke statistike“, Naučna knjiga, Beograd, 2008.
- [12] JP „Saobraćajni pravilnik“, Zavod za novinsko – izdavačku i propagandnu delatnost JŽ, Beograd, 1997.
- [13] JP „Signalni pravilnik“, Zavod za novinsko – izdavačku i propagandnu delatnost JŽ, Beograd, 1997.