

## PRIMENA MODELA OPTIMIZACIJA NA LINJAMA TRANSPORTA POŠTANSKIH POŠILJAKA

Slavoljub Miletić<sup>1</sup>, Tihomir Trifković<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Javno preduzeće PTT saobraćaja „Srbija“, <sup>2</sup>OS BIH

**Sadržaj:** *U realnim uslovima privređivanja i praktičnom rešavanju niza zadataka koriste se metode višekriterijumske analize. U PTT-u ih koristimo prilikom izbora lokacije objekata, itinerera kretanja transportnih vozila, načina prerade poštanskih pošiljaka, i kod svih drugih sličnih rešavanja problema upravljanja.*

**Ključne reči:** *rešavanje realnih problem u praksi, rutiranje poštanskih vozila, primena metode "Dijkstra" algoritma.*

### 1. Uvod

Transportni zadatak ima za cilj smanjenje troškova isplate dnevnica vozača i povećanje stepena iskorišćenja transportnih sredstava. Zadatak ima sledeće kriterijume:

- dozvoljeno je povećavanje broja vozila, promena mesta pretovara i itinerera kretanja vozila,
- nije dozvoljeno da se poveća ukupna pređena kilometraža, i
- nivo kvaliteta u rokovima transporta poštanskih pošiljaka mora da bude u dozvoljenim granicama.

### 2. Početni uslovi

U radu je dato praktičano angažovanje vozila i vozača na primeru tri transportne linije koje prevoze poštanske pošiljke. Vozila u jutarnjim satima polaze iz poštanskog centra prerade poštanskih pošiljaka u Nišu, obavljaju transport pošiljaka do pošta, zadržavaju se u poslednjoj pošti i u popodnevnom razmenama preuzimaju pošiljke od pošta i prevoze ih nazad do poštanskog centra u Nišu. U Tabeli 1. je prikazano vreme u minutima u fazama rada koje bitno opisuju način korišćenja vozila. Uočava se značajno vreme koje se utroši u čekanju na poslednjoj pošti kao i različito vreme angažovanja vozila i vozača na istovetnim poslovima pripreme vozila u garaži i pretovara u poštanskom centru i poštama.

Tabela 1. Ukupno potrošeno vreme po poslovima

NAZIV LINIJE	UKUPNO POTROŠENO VREME U MINUTIMA					
	PRIPREMA VOZILA U GARAŽI		ZADRŽAVANJE VOZILA U POŠTANSKOM CENTRU		ZADRŽAVANJE VOZILA U POŠTAMA	ČEKANJE VOZILA I VOZAČA U POSLEDNJOJ POŠTI
	U POLASKU	U DOLASKU	UTOVAR	ISTOVAR	PRETOVAR	
	1	1	1	1	1	1
NIŠ-ZVONCE-NIŠ	15	20	20	5	38	195
NIŠ-KRUPAC-NIŠ	20	45	20	5	18	150
NIŠ-GRADINA-NIŠ	15	55	30	5	20	220
UKUPNO	50	120	70	15	76	565

Ukupno vremensko angažovanje vozača utiče na troškove isplate dnevnica i ukazuju na nedovoljno iskorišćenje transportnih sredstava u tom periodu.

Tabela 2. Ukupno angažovanje vozila i vozača

NAZIV LINIJE	ANGAŽOVANJE VOZILA I VOZAČA		
	1	UKUPNO PREDENO RASTOJANJE (u km)	UKUPNO ANGAŽOVANJE U MINUTIMA
NIŠ-ZVONCE-NIŠ	293	241	730
NIŠ-KRUPAC-NIŠ	258	245	825
NIŠ-GRADINA-NIŠ	345	220	765
UKUPNO	896	706	2320

U Tabeli br. 2 je dato ukupno angažovanje vozila i vozača a u tabeli br. 1 ukupno potrošeno vreme po različitim poslovima. Radi provere dimenzionisanosti, odnosno utvrđivanja optimalno potrebnog broja angažovanih transportnih sredstava na datim poslovima koriste se odgovarajući modeli. Od početka 80-ih godina prošlog veka pa do danas razvijen je i čitav niz analitičkih modela određivanja broja transportnih sredstava. Jedan od jednostavnijih je sledeći:

$$\text{BROJ VOZILA} = \frac{\text{VREME ZA KOJE JE POTREBNO IZVRŠITI ZADATAK}}{\text{VREME POTREBNO JEDNOM VOZILU DA IZVRŠI ZADATAK}} = \frac{2320}{1602} = 1,4 \quad (1)$$

- “VREME ZA KOJE JE POTREBNO IZVRŠITI ZADATAK” je ukupno vreme i iznosi 2320 minuta,
- “VREME POTREBNO JEDNOM VOZILU DA IZVRŠI ZADATAK” iznosi 1602 minuta i dobija se sabiranjem vremena angažovanja vozila u toku vožnje od 706 minuta (dobija se kada ukupnu predenu kilometražu podelimo sa pretpostavljenom prosečnom brzinom vozila 60km/h) i vreme preostalih aktivnosti u transportu (priprema vozila u garaži, vreme pretovara, vreme zadržavanja i čekanja u poslednjoj pošti), 896 minuta.

Dobijen rezultat ukazuje na nizak procenat iskorišćenja vremena vozila i vozača i nameće potrebu nalaženja nekih drugih načina organizacije transporta poštanskih pošiljaka.

### 3. Primena modela optimizacije

Uz uslove koji su dati za ovaj transportni zadatak optimizaciju je moguće obaviti u tri faze:

1. Urediti postojeća vremena transportnih operacija prema korektnim standardima za poslove pripreme vozila u garaži, poslove pretovara u poštanskom centru i poštama,
2. Na drugi način organizovati transport u delu čekanja vozila i vozača u poslednjoj pošti u cilju stvaranja uslova za dodatno angažovanje na drugim poslovima, i
3. Optimizovati itinerere kretanja vozila sa vremenskim kriterijumom (manje od 8 sati ili manje od 12 sati) radi smanjenja troškova isplate dnevnica.

#### 1.FAZA

Analiziranjem aktivnosti iz Tabele 1. , a na osnovu obima poslovanja i važećih normiranih poslova u preduzeću predlažu se sledeće korekcije:

- 1.1. priprema vozila u garaži; 5 minuta u polasku (provera ispravnosti) i 25 minuta u dolasku (točenje goriva i pranje vozila),
- 2.1. zadržavanje vozila u poštanskom centru; 10 minuta za utovar i 5 minuta za istovar poštanskih zaključaka, i
- 3.1. zadržavanje vozila u poštama; 3 minuta za obavljanje obostrane razmene u poštama 5,6,7 i 8 reda, i 5 minuta za ostale pošte.

Tabela 3. Transportne operacije

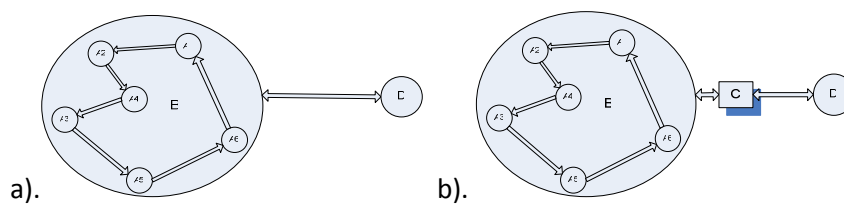
NAZIV LINIJE	UKUPNO POTROŠENO VREME U MINUTIMA				
	PRIPREMA VOZILA U GARAŽI		POŠTANSKI CENTAR		POŠTE
	U POLASKU	U DOLASKU	UTOVAR	ISTOVAR	PRETOVAR
NIŠ-ZVONCE-NIŠ	5	25	10	5	31
NIŠ-KRUPAC-NIŠ	5	25	10	5	19
NIŠ-GRADINA-NIŠ	5	25	10	5	21
UKUPNO	15	75	30	15	71

U datoj Tabeli 3. su prikazane transportne operacije korigovane u vremenu sa mogućom uštedom u pogledu vremena korišćenja vozila i vozača.

## 2. FAZA

Analiziranjem aktivnosti iz Tabele 1., došlo se do predloga mogućeg rešenja uz poštovanje određenih kriterijuma. U tom smislu je postignut dogovor (poslovna odluka menadžmenta) da se sa poštama 6,7 i 8 reda dozvoljava obavljanje obostrane razmene (jednom dnevnu u toku radnog vremena) kao i preporuka da mesto čekanja vozila u poslednjoj pošti bude izmešteno u “opštinsku poštu”. Ispunjenjem ova dva kriterijuma, stvaraju se uslovi za dodatno angažovanja vozača i vozila na drugim poslovima (dostava telegrama, dostava post ekspres pošiljaka i sl.). U ovoj fazi primenjen je model optimizacije transportne funkcije koji predviđa dvofazni način realizacije tehnoloških zahteva. Ovaj model predstavlja u suštini razdvajanje transportnog procesa na dva dela.

Na slici 1.a). je prikazan postojeći transport između oblasti B i poštanskog centra u Nišu, a na slici 1.b) je prikazano uvođenje pretovarne tačka C. U našem slučaju pretovarna tačka C je neka od “opštinskih pošta” koja se nalazi na liniji transporta.



Slika 1. Dvofazni transport

Vozilo obavlja transport poštanskih pošiljaka u oblasti B, dolazi do “opštinske pošte” C i nastavlja ka poštanskom centru D. Na ovaj način se izbegavaju troškovi i vreme potrebno za pretovar. Rastojanje  $L_{CD}$  do tačke D mora da ispunjava uslov da je manje od ukupnog transporta  $L_{CB}$  koje vozilo može da obavi u oblasti B uz dopunski uslov koji važi za njihov zbir:

$$L_{CD} + L_{CB} \leq L_{ukupno} \quad (2)$$

Rastojanje  $L_{ukupno}$  predstavlja transport poštanskog vozila koje se kreće prosečnom brzinom od 60km/h i u vremenu manjem od 8 sati (ili manjem od 12 sati) zbog izbegavanja troškova isplate dnevnic. Optimizacija se započinje uvođenjem uslova da je dozvoljeno obavljati transport sa poštama 6,7 i 8 reda jednom u toku dana a za "opštinske pošte" - najmanje dva puta dnevno radi održanja potrebnog kvaliteta.

Primenom predloženog modela optimizacije dolazi se do sledeće korekcije organizacije transporta poštanskih pošiljaka:

- 2.1. Umesto dve linije Niš-Gradina-Niš i Niš-Krupac-Niš, koje su na istom pravcu, organizovati jednu, u drugim transportnim vremenima i sa izmeštenim mestom čekanja u "opštinskoj pošti" Dimitrovgrad (jedno vozilo manje se koristi, ušteda je na troškovima za isplatu jedne dnevnic i pređenoj kilometraži od 245km, kao i na smanjenom vremenu čekanja u poslednjoj pošti za 150 minuta),
  - 2.1.1. Razmene sa preostalim poštama Krupac i Sukovo, koje nisu obuhvaćene ovom linijom obaviti vozilom iz "opštinske pošte" Pirot (dodatno jedno vozilo i 45km puta).
  - 2.1.2. Posebnim vozilom obaviti i razmenu sa opštinskom poštom Babušnica u popodnevnom satima (dodatno 55km) zbog korekcije pod brojem 2.2. i potrebe da se održi zadati nivo kvaliteta transporta poštanskih pošiljaka.
- 2.2 Linija Niš-Zvonce-Niš, organizovati da mesto čekanja (umesto 195 minuta sada 120 minuta uz mogućnost angažovanja na poslovima dostave telegrama i postekspresa) bude "opštinska pošta" Babušnica, i povratkom u poštanski centar Niš i garažu do 17h čime se ne ostvaruje pravo na isplatu polovine dnevnic.

Tabela 4. Ukupno angažovanje vozila i vozača

NAZIV LINIJE	ANGAŽOVANJE VOZILA I VOZAČA		
	1	PREĐENA KILOMETRAŽA SA PROSEČNOM BRZINOM OD 1km/minut	UKUPNO ANGAŽOVANJE U MINUTIMA
NIŠ-ZVONCE-NIŠ	218	241	459
NIŠ-KRUPAC-NIŠ	0	0	0
NIŠ-GRADINA-NIŠ	145	220	765
PIROT - LOKAL	120	100	220
UKUPNO	483	561	1444

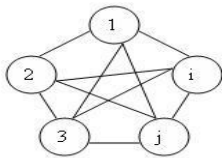
Racionalizacija predloženog modela se može iskazati kroz uštedu u broju angažovanih vozila, u ukupno pređenoj kilometraži (814km se manje prelazi vozilom na mesečnom nivou), u broju isplaćenih dnevnica (mesečni troškovi su manji za oko 70.000,00 dinara), i u vremenu mogućeg angažovanja radnika (50,6 sati mesečno) na nekim drugim poslovima.

### 3. FAZA

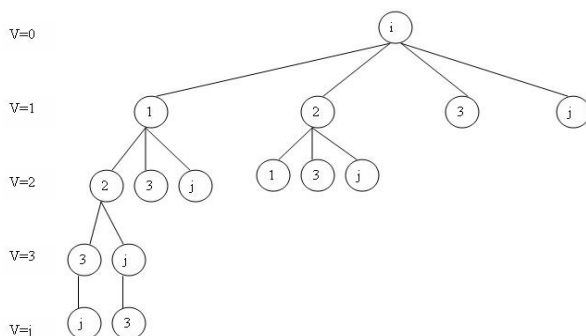
Transportni problem rutiranja poštanskih vozila u zoni "B" je moguće rešiti metodom "najkraćeg puta". Metoda "najkraćeg puta" predstavlja matricu najkraćih rastojanja  $d_{ij}$  (distanci) između čvorova  $i, 1, 2, \dots, j$ ;

$$d_{ij} := \min \begin{cases} d(i,1) \text{ za slučaj da put od (i) do (j) postoji} \\ \infty \end{cases} \quad (3)$$

odnosno, najkraći put od čvora (i) do čvora (j) predstavlja minimalni zbir vrednosti distanci  $d_{ij}$ :

$$d_{ij} = \min \begin{cases} C_{1i} + C_{ij} \\ C_{12} + C_{2j} \\ C_{13} + C_{3j} \\ C_{12} + C_{23} + C_{3j} \\ C_{13} + C_{32} + C_{3j} \end{cases} \quad (4)$$


Postupkom potpune enumeracije za traženje najkraćeg puta formira se grafička struktura svih mogućih kombinacija kao što je dato na Slici 3.2. Stablo odlučivanja, određuju se dužine njihovih puteva i odatle njihova minimalna vrednost.

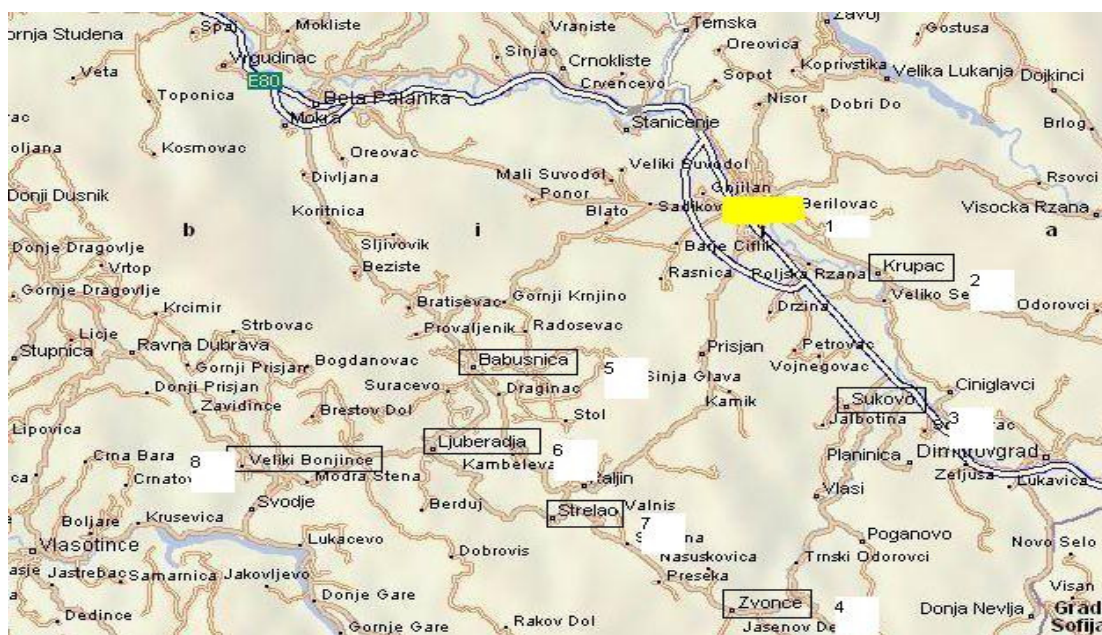


Slika 3.1. Stablo odlučivanja

Ako uopštimo proceduru možemo da kažemo da se u osnovi razlikuju dva algoritma:

- Određivanje najkraćih puteva od jednog (startnog) čvora do svih drugih čvorova,
- Određivanje najkraćih puteva između svih čvorova

U literaturi se često ovakvi i slični primeri mogu rešavati pomoću metoda koje pronalaze najkraći put između dve tačke poznatih kao "Dijkstra" algoritmi



Slika 3.2. Zona "B"

Radi bolje ilustracije i primene algoritamske metode "Dijkstra" sa zadatkom traženja najkraćeg puta od tačke 1 do 8, teritorija je prikazana kao na Slici 3.2. Zona B.

Tabela 3.1. Tabela susedstva

Međusobna rastojanja u km	18300 Piot	18215 V.Bonjince	18217 Ljuberadja	18330 Babušnica	18332 Strelac	18333 Zvonce	18307 Krupac	18322 Sukovo
18300 Piot		NDV	NDV	NDV	NDV	NDV	7.7	17
18215 V.Bonjince	NDV		12.1	NDV	NDV	NDV	NDV	NDV
18217 Ljuberadja	NDV	12.1		7.7	10.2	NDV	NDV	NDV
18330 Babušnica	NDV	NDV	7.7		13.2	NDV	NDV	NDV
18332 Strelac	NDV	NDV	10.2	13.2		13.3	NDV	NDV
18333 Zvonce	NDV	NDV	NDV	NDV	13.3		NDV	20.1
18307 Krupac	7.7	NDV	NDV	NDV	NDV	NDV		14.9
18322 Sukovo	17	NDV	NDV	NDV	NDV	20.1	14.9	

"Opštinska pošta" je predviđena da bude u Pirotu a čvorove predstavljaju pošte u mestima koji su obeleženi brojevima od 1 do 8. Međusobna rastojanja između čvorova bliže opisuje tablica susedstva. Ona sadži sve karakteristike saobraćajnice između čvorova-pošta (vrsta saobraćajnice, ograničenja brzina, gustina saobraćaja i sl.) a može se predstaviti na sledeći način:

$$a_{ij} = \begin{cases} NDV & \text{nema direktna veza} \\ 1 & \text{ima direktna veza 60km/h} \\ 2 & \text{ima direktna veza 50km/h} \\ 3 & \text{ima direktna veza 30km/h} \end{cases} \quad (5)$$

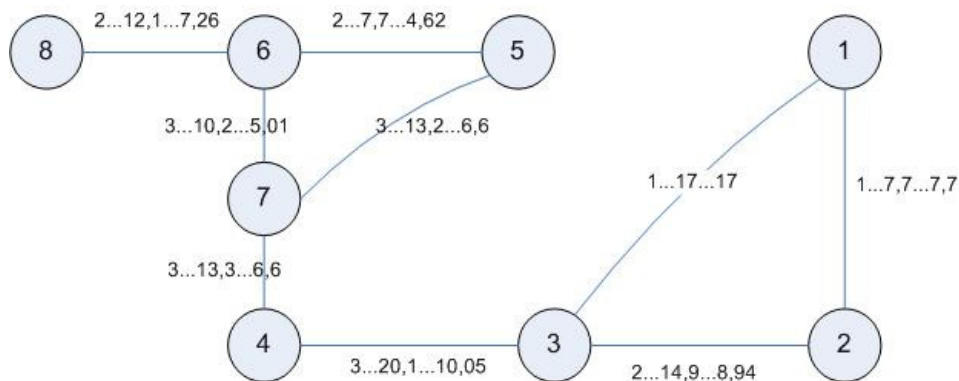
Što se može opet predstaviti Matricom susedstva odnosno Matricom vrednovanja (matrica vremena vožnje).

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 2 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 3 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 3 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 2 & 0 \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 7,7 & 17 \\ 0 & 0 & 7,26 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7,62 & 0 & 4,62 & 5,01 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4,62 & 0 & 6,6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5,01 & 6,6 & 0 & 6,6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 6,6 & 0 & 0 & 10,05 \\ 7,7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8,94 \\ 17 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10,05 & 8,94 & 0 \end{pmatrix}$$

Layout transportne mreže od tačke 1 do tačke 8, čvorova-pošta može se predstaviti i u vidu grafa:





Slika 3.3. Layout transportne mreže

Kada bi sabrali vremena koja su potrebna da se obiđu svi čvorovi-pošte prema datom layoutu dobili bi neoptimizovano maksimalno vreme:

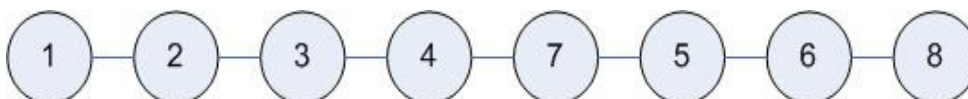
$$d_{18} = 7,7+8,94+10,05+17+4,62+6,6+5,01+6,6+7,26=73.78 \quad (6)$$

U realnim uslovima kada vozilo saobraća dva puta dnevno ukupno vreme je 147.56 minuta. Ako uzmemo da je početni uslov dvofaznog modela transporta je  $L_{\text{ukupno}} = 240$  minuta (ili manji) onda proizilazi da je granično vreme za poslove pretovara, vršenja razmena i prerade (40 minuta), kao i zadržavanja u čvoru 5 (60 minuta), veće od  $L_{\text{ukupno}}$  što ne zadovoljava potreban kvalitet u transportu i preradi poštanskih pošiljaka.

U prvom koraku odlučivanja  $v=0$ , bira se najkraće rastojanje od čvora (i) do čvorova  $1,2,\dots,j$ . Ako je to na primer čvor 1, onda u drugom koraku  $v=1$ , se bira najkraće rastojanje od čvora (1) do čvorova  $2,3,\dots,j$ . U našem slučaju  $d_{\min}$  bi izgledao ovako:

$$d_{\min} = 7,7+8,94+10,05+6,6+6,6+4,62+7,26= 51.35 \quad (7)$$

Kada vozilo saobraća dva puta dnevno, vreme transporta je 102,7 minuta, a vreme ostalih aktivnosti 100 minuta.. Ukupno vreme  $L_{\text{ukupno}}$  je manje od 240 minuta čime je kriterijum zadovoljen. Optimalno rešenje se predstavlja matricom najkracih rastojanja  $d_{ij}$  kretanja vozila između čvorova odnosno odgovarajućim stablom odlučivanja u slučaju potpune enumeracije.



Slika 3.4. Optimalno rešenje

## Zaključak

U uslovima svetske ekonomske krize menadžment Pošte je odlučio da sagleda u svom poslovanju moguće uštede. Zadatak je imao cilj da pronađe uštede (isplata dnevnic, bolje iskorišćenje vozila i vozača, drugačiji način prerade poštanskih pošiljaka i sl.) uz očuvanje evropskih standarda kvaliteta poslovanja prema korisnicima.

Primenom metoda optimizacija na linijama transporta poštanskih vozila stvorili su se uslovi za realizaciju postavljenog zadatka. Ovom promenom omogućena je i promena organizacije prerade poštanskih pošiljaka a na praktičnom zadatku je pokazana valjanost i opravdanost modela optimizacija poslovnih procesa.

## Literatura

- [1] Milorad Vidović, *Racionalizacija pretovarnih procesa*,  
<http://www.scribd.com/doc/7070991/6-Racionalizacija-pretovarnih-procesa>.
- [2] *Direktiva Evropske unije o poštanskim uslugama 97/67/EC, decembar 1997.*
- [3] Vujošević M, Stanojević M., „*Metode optimizacije-mrežni, lokacijski i višekriterijumski modeli*“, DOPIS, Beograd, 1996.
- [4] Zečević S., *Algoritam za optimizaciju transportnih lanaca*,  
<http://www.scribd.com/doc/7112018/Intermodalni-22>
- [5] [http://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra's\\_algorithm](http://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra's_algorithm)
- [6] <http://webrzs.stat.gov.rs/axd/index.php>

**Content:** *In the real circumstances of work and practical solutions of various strings of assignments there are different methods used. In PTT we use them while choosing locations for objects, routes for transport vehicles, ways of dealing with postal packages, and with all similar problems regarding governing.*

**Key Words:** *Solution of real problems in practice, routing of postal vehicles, and the usage of "Dijkstra" method algorithm.*

## OPTIMIZING ON TRANSPORT LINES OF POSTAL PACKAGES USING DIFFERENT MODELS

Slavoljub Miletić