Mr Zdravko Radišić,
potpukovnik, dipl. inž.
Saobraćajna uprava GŠ VJ,
Beograd
Mr Gordana Radivojević,
dipl. inž.
Institut Mihajlo Pupin,
Beograd

PROJEKTOVANJE RUTA VOZILA ZA REALIZACIJU SLUŽBENIH PREVOŽENJA („Dial-a-Ride System“)

UDC: 355.691.1.001.63:65.012.122

Rezime:

U radu je prikazan algoritam određivanja potrebnog broja vozila i projektovanja ruta vozila za potrebe realizacije svakodnevnih službenih prevoženja u garnizonu. Algoritam je zasnovan na primeni transportnog sistema „Dial-a-Ride System“ („nazovi vožnju“). Pretpostavka primene razvijenog algoritma jeste poznavanje skupa zahteva za prevoz, a svaki takav zahtev okarakterisan je izvorom kretanja, ciljem putovanja i željenim vremenom započinjanja opsluge.

Ključne reči: službena prevoženja, projektovanje ruta, transportni sistem „nazovi vožnju“, model minimiziranja praznih vožnji.

DESIGN OF VEHICLE ITINERARIES FOR THE REALIZATION OF BUSINESS-PURPOSE DIAL-A-RIDE TRANSPORT SYSTEM

Summary:

The paper presents the algorithm for determining the necessary number of vehicles as well as for designing vehicles itineraries during their everyday service in a garrison area. The algorithm is based on the application of the Dial-a-Ride transport system. In order to apply the developed algorithm it is necessary to specify the set of transport demands where each demand is characterized by the source of motion, transport goal and the desired service-starting time.

Key words: business-purpose transport, itinerary design, Dial-a-Ride transport system, model of minimizing empty mileage.

Uvod

Planiranje i realizacija svakodnevnih službenih prevoženja u većim garnizonima u nadležnosti je jedinica koje su bazirane na teritoriji garnizona. Svaka jedinica planira i realizuje službena prevoženja za svoje pripadnike, nezavisno od ostalih jedinica u garnizonu. Izostanak centralizovanog prikupljanja zahteva za prevoz, planiranja i jedinstvene realizacije službenih prevoženja na teritoriji ima

za posledicu neracionalnu upotrebu vozila, posebno putničkih.

Neracionalnost se u prvom redu odnosi na veliki broj vozila na upotrebi kao i na visoke troškove korišćenja i održavanja voznog parka. Naime, svaki prevozi-lac svojim voznim parkom obavlja prevoz (realizuje službena prevoženja) na jedinstvenom prostoru, na relacijama i u vreme kako to zahtevaju korisnici. Svaki zahtev za prevoz unapred je poznat i okarakterisan izvorom kretanja, ciljem

kretanja i željenim vremenom započinjanja opsluge. Jedinice koje su nadležne za operativno planiranje, organizaciju i realizaciju službenih prevoženja primaju, preko dispečerskog centra, zahteve korisnika, obrađuju ih i izdaju naloge za realizaciju prevoženja. Vozila se dodeljuju korisnicima po mestu i vremenu. Najčešće se radi o *povratnim vožnjama sa čekanjem*. Korisnik se prevozi do određišta, a vozač i vozilo čekaju korisnika prevoza. Po obavljenom zadatku korisnik se istim vozilom vraća u jedinicu. Na taj način veći broj vozača i vozila su određeni period „izgubljeni“ za organizatore prevoza i ne mogu se koristiti za realizaciju ostalih vožnji. U zavisnosti od prostorne i vremenske raspodele ostalih zahteva za prevoz postoji objektivna mogućnost da vozila i vozači, koji čekaju korisnika prevoza, realizuju neku drugu vožnju.

Kod ograničenog broja vozila, nepovoljne starosne strukture voznog parka i u uslovima povećanog broja otkaza vozila, ovakva organizacija prevoza može dovesti do brojnih otkaza vožnji. Osnovni interes organizatora prevoza je realizacija dnevnih prevoznih zahteva minimalnim brojem vozila i maksimalni broj vozila u rezervi za realizaciju vanrednih zahteva.

Posmatrano sa aspekta teorije grafova i transportnih mreža, operativno planiranje i realizacija svakodnevnih službenih prevoženja pripadaju kategoriji *statičkih ruting problema sa intervalima*. Opsluga u određenim čvorovima mora se obaviti u unapred definisanim momentima ili u okviru zadatih – željenih intervala. Tokom poslednje tri decenije razvijen je veliki broj optimizacionih i heurističkih algoritama za rešavanje problema rutinga i redova vožnje saobraćajnih sredstava. Optimizacioni algoritmi se zasnivaju na primeni dinamičkog programi-

ranja i metode grananja i ograničavanja (branch and bound method), a pogodni su za rešavanje manjih problema. Za rešavanje većih problema koriste se različiti heuristički algoritmi. Posebnu kategoriju ruting problema sa intervalima predstavlja sistem organizacije prevoza korisnika „Dial-a-Ride System“ (sistem „nazovi vožnju“). Osnovu ovog sistema čini prikupljanje zahteva korisnika (najčešće telefonom), određivanje potrebnog broja vozila i projektovanje ruta vozila. Zahtevi se prikupljaju po principu „danas za sutra“, što treba shvatiti uslovno. Za funkcionisanje sistema je bitno da su zahtevi za prevoz unapred najavljeni, tako da organizator ima dovoljno vremena da odredi potreban broj vozila i projektuje njihove rute. Vojna organizacija može obezbediti poštovanje ovog principa. Za određivanje broja vozila i projektovanje ruta vozila u radu je razvijen odgovarajući algoritam, koji se zasniva na primeni metode minimiziranja „praznih vožnji“ za statički slučaj transportnog sistema „nazovi vožnju“.

Postavka problema

Prevoz korisnika – putnika obavlja se na transportnoj mreži $G = (N, L)$, gde je sa N označen skup čvorova mreže, a sa L skup grana – lukova mreže na kojoj se obavlja prevoz. Organizator prevoza raspolaže homogenim voznim parkom od M vozila. Vozila su smeštena u bazi B , odakle polaze na opslugu. Posle završene opsluge vozila se ponovo vraćaju u bazu. Zahteve za prevoz prikuplja dispečerski centar, obrađuje ih, planira prevoženja i izdaje naloge za njihovu realizaciju. Zahtev korisnika okarakterisan je izvorom i ciljem kretanja, kao i željenim vremenom započinjanja opsluge.

U ruting problemima sa intervalima željeno vreme započinjanja opsluge zadato je intervalom u kojem mora početi prevoz korisnika – putnika. Interval je opisan najranijim (TP_1) i najkasnijim (TP_2) momentom početka opsluge. Na slici 1 prikazan je interval započinjanja opsluge korisnika.

Sl. 1 – Vremenski interval početka opsluge

Momenat TP u kojem vozilo započinje opslugu treba da zadovolji relaciju:

$$TP_1 \leq TP \leq TP_2 \tag{1}$$

Da bi ova relacija bila zadovoljena vozilo mora doći u čvor početka opsluge najkasnije do trenutka TP_2 . Vozilo može doći u čvor, koji je početak opsluge, u toku

željenog intervala početka opsluge ili pre toga. Ova dva slučaja prikazana su na slici 2.

Ako vozilo stigne u čvor u toku željenog intervala početka opsluge odmah po prijemu putnika započinje opslugu (prvi slučaj). Ako vozilo stigne u čvor pre najranijeg momenta započinjanja opsluge (TP_1) tada sa opslugom ne može započeti pre tog trenutka. U ovom slučaju vozilo čeka na opslugu TC i započinje opslugu u trenutku $TP = TP_1$.

Jednim vozilom u toku dana moguće je realizovati više vožnji. Vozilo odlazi iz baze do čvora početka realizacije prve vožnje, opslužuje korisnika (prevozi do zadatog čvora), zatim odlazi do čvora početka naredne vožnje, ponovo opslužuje korisnika i tako redom do realizacije poslednjeg zahteva. Nakon toga vozilo se vraća u bazu. Prevoz se realizuje po principu „prevezi i zaboravi“. Na slici 3 prikazani su zahtevi za prevoz z_1 i z_2 koji

Sl. 2 – Dva slučaja početka opsluge

Sl. 3 – Zahtevi za prevoz z_1 i z_2 koji se realizuju jednim vozilom

se mogu opslužiti jednim vozilom sa ili bez vraćanja vozila u bazu.

Kada se vozilo posle realizacije prvog zahteva (z_1) vrati u bazu ponovo polazi iz baze na realizaciju sledećeg zahteva (z_2) za prevoz. Povezivanjem zahteva u jednu rutu vozilo posle realizacije prvog zahteva (z_1) odlazi do čvora početka realizacije sledećeg zahteva (z_2) na rutu. Uštede koje se ostvaruju odgovaraju razlici „praznih vožnji“ vozila od čvora završetka prvog zahteva (z_1) do baze i od baze do čvora početka sledećeg zahteva (z_2) i „prazne vožnje“ od čvora završetka prvog zahteva (z_1) do čvora početka drugog zahteva (z_2).

Problem rutinga može se definisati na sledeći način: za zadati skup zahteva za prevoz treba odrediti potreban broj vozila i projektovati rute vozila, tako da se obezbedi opsluga svih evidentiranih zahteva, uz minimizaciju vremena trajanja „praznih vožnji“ i vremena čekanja vozila. Iz opisa i postavke problema moguće je uočiti postojanje konfliktnih interesa organizatora prevoza i korisnika. Organizator prevoza je zainteresovan za minimiziranje broja vozila na upotrebi, transportnih troškova i „praznih vožnji“. Istovremeno, korisnik prevoza je zainteresovan za minimiziranje vremena čekanja na opslugu i vremena provedenog u vozilu.

U zavisnosti od karakteristika zahteva korisnika, posebno prostorne i vremenske distribucije zahteva, moguća je pojava slučajeva koji su veoma nepovoljni za organizatora prevoza. Kod većeg broja zahteva u relativno kratkom vremenskom periodu, uz istovremeno veliku prostornu distribuciju zahteva, organizator prevoza nije u mogućnosti da jednim vozilom realizuje više zahteva. Broj zahteva za prevoz koji se mogu realizovati jednim

vozilom u direktnoj je vezi sa vremenima otpočinjanja opsluge zahteva i međusobnim rastojanjima (prostornim ili vremenskim) između čvorova na mreži. Isto tako, zahtevi sa velikom prostornom distribucijom i relativno povećana vremena trajanja vožnje između čvorova koje treba obići onemogućuju povezivanje više zahteva u rutu jednog vozila. Primenjeni postupak mora biti osetljiv na pojavu ovakvih slučajeva.

Opis algoritma

Algoritam minimizacije praznih vožnji realizuje se kroz sledeće korake:

1. Centralizovano prikupljanje zahteva korisnika i formiranje matrice zahteva Q .
2. Formiranje matrice potrebnog broja vozila za realizaciju pojedinačnih vožnji W .
3. Formiranje matrice ponude (PON) i potražnje (POT) za praznim vozilima.
4. Formiranje matrice praznih motornih vozila X .
5. Određivanje broja motornih vozila za realizaciju svih vožnji.
6. Određivanje ruta za kretanje motornih vozila.

Primena algoritma minimizacije „praznih vožnji“ podrazumeva poznavanje vremena putovanja između svih parova čvorova na putnoj mreži. Dispečerski centar planira vožnje u toku perioda $(0, T)$ koji se deli na vremenske intervale trajanja ΔT (obično je to 10 ili 15 minuta). Svaki zahtev okarakterisan je izvorom kretanja (čvor i), ciljem kretanja (čvor j), intervalom u kojem se zahteva otpočinjanje vožnje (m) i intervalom u kojem vožnju treba završiti (n). Prikupljanjem zahteva dispečerski centar formira *ma-*

tricu zahteva Q, čiji su elementi pojedinačni zahtevi korisnika q_{ijmn} . Matrica Q daje podatke o ukupnom broju putnika koje treba prevesti, a elementi matrice q_{ijmn} pokazuju koliko putnika treba prevesti iz čvora i (vožnja započinje u intervalu m) u čvor j (vožnja završava u intervalu n). Ako vožnju obavljaju vozila kapaciteta C tada se potreban broj vozila w_{ijmn} za realizaciju vožnje između čvorova i i j određuje sledećom relacijom:

$$w_{ijmn} = \begin{cases} \left\lceil \frac{q_{ijmn}}{C} \right\rceil + 1, & \text{za } \left\lceil \frac{q_{ijmn}}{C} \right\rceil \neq \frac{q_{ijmn}}{C} \\ \left\lceil \frac{q_{ijmn}}{C} \right\rceil, & \text{za } \left\lceil \frac{q_{ijmn}}{C} \right\rceil = \frac{q_{ijmn}}{C} \end{cases} \quad (2)$$

Matrica W, čiji su elementi w_{ijmn} , predstavlja matricu potrebnih vozila za realizaciju vožnji. Sumiranjem elemenata w_{ijmn} po redovima dobija se broj vozila koja napuštaju pojedine čvorove na mreži u određenim intervalima. Sumiranjem elemenata w_{ijmn} po kolonama dobija se broj vozila koja u određenim intervalima stižu u pojedine čvorove. Po stizanju u određeni čvor, po izlasku putnika, vozila postaju slobodna za obavljanje naredne vožnje u nekom od čvorova. To znači da svaki čvor j, tokom svakog intervala n, karakteriše „ponudu“ praznih vozila. Ova ponuda opisuje se matricom PON_{jn} . Na isti način moguće je za svaki čvor i tokom svakog vremenskog intervala m utvrditi „potražnju“ za praznim vozilima. Ova potražnja opisuje se matricom POT_{im} .

Na osnovu matrica ponude i potražnje za praznim vozilima određuje se matrica X, sa elementima x_{ijmn} :

$$x_{ijmn} = \begin{cases} POT_{im} - PON_{jn} & \text{za } POT_{im} > PON_{jn} \\ 0 & \text{za } POT_{im} \leq PON_{jn} \end{cases} \quad (3)$$

Elementi matrice x_{ijmn} predstavljaju broj vozila koja prazna, bez putnika, napuštaju pojedine čvorove i tokom vremenskih intervala m da bi stigle u čvorove j tokom intervala n. U slučaju kada je $POT_{im} > PON_{jn}$, potrebno je u čvor i, u intervalu m, iz baze intervenisati sa x_{ijmn} vozila, koja će u čvor j stići u intervalu n. Na osnovu vrednosti elemenata matrice X i elemenata matrice W moguće je odrediti ukupan broj vozila za realizaciju svih vožnji i rute svih vozila.

Numerički primer

Opisani algoritam je testiran na numeričkom primeru. Baza motornih vozila nalazi se u čvoru G. Čvorovi koje treba opslužiti su A, B, C i D. Period T podeljen je na manje intervale (interval 1, 2 i 3). Tokom intervala 0 sva vozila se nalaze u bazi (čvor G). Vozni park raspolaze sa $M = 30$ vozila. Po završetku svih vožnji (u intervalu 4) sva vozila se, takođe, nalaze u bazi G.

Vremena putovanja vozila između svih parova čvorova (prikazana u tabeli 1) izražena su u intervalima trajanja Δt .

Tabela 1

Vremena putovanja između svih parova čvorova

Čvorovi	G	A	B	C	D
G	0	1	1	1	1
A	1	0	1	1	1
B	1	1	0	1	1
C	1	1	1	0	1
D	1	1	1	1	0

U tabeli 2 prikazana je matrica Q, koja sadrži podatke o broju putnika koji žele da se iz određenih čvorova prevezu u druge čvorove u željenim intervalima. Tako, na primer, ukupno 4 putnika želi

Tabela 2

Matrica zahteva za prevozom Q

Matrica Q		Odredišta												Uku- pno
		A			B			C			D			
Ishodišta		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A	1					3			3			3		9
	2						2			3			1	6
	3													0
B	1								4					4
	2			3									4	7
	3													0
C	1		1											1
	2						3						3	6
	3													0
D	1					3								3
	2			3			3			2				8
	3													0
Ukupno		0	1	6	0	6	8	0	7	5	0	3	8	44

Tabela 3

Matrica potrebnog broja vozila za realizaciju zahteva za prevoz

Matrica W		Odredišta												Uku- pno
		A			B			C			D			
Ishodišta		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A	1					1			1			1		3
	2						1			1			1	3
	3													0
B	1								1					1
	2			1									1	2
	3													0
C	1		1											1
	2						1						1	2
	3													0
D	1					1								1
	2			1			1			1				3
	3													0
Ukupno		0	1	2	0	2	3	0	2	2	0	1	3	16

da iz čvora B, tokom drugog intervala, bude prevezeno u čvor D, u koji treba da stignu tokom trećeg intervala.

U tabeli 3 prikazana je matrica W, koja daje podatke o broju vozila koje je potrebno angažovati za prevoz putnika iz tabele 2. Tako, na primer, jedno vozilo napušta čvor A tokom intervala 1 i stiže u čvor B tokom intervala 2. Ako se u tabeli 3 izvrše sumiranja po redovima i kolonama, dobijaju se vrednosti „ponude“ i „potražnje“ za praznim vozilima.

Podaci o „ponudi“ i „potražnji“ praznih vozila prikazani su u tabeli 4.

Tabela 4

Vrednosti „ponude“ i „potražnje“ za praznim vozilima

„Ponuda“ praznih vozila													
G	A			B			C			D			
0	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
30	0	1	2	0	2	3	0	2	2	0	1	3	
„Potražnja“ za praznim vozilima													
G	A			B			C			D			
4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
30	3	3	0	1	2	0	1	2	0	1	3	0	

Na osnovu vrednosti „ponude“ i „potražnje“ za praznim motornim vozilima u pojedinim intervalima određuju se elementi matrice X, koja je prikazana u tabeli 5.

Na osnovu vrednosti elemenata matrice X moguće je izvesti sledeće zaključke:

– broj praznih motornih vozila koja treba poslati iz baze G tokom intervala 0 u bazu G, u koju treba da stignu tokom intervala 4, iznosi 20. To znači da 20 vozila sve vreme treba da se nalazi u bazi G. S obzirom na to da baza raspolaže sa $M = 30$ vozila, sve zahtevane vožnje mogu da se realizuju sa 10 vozila. Na osnovu podataka iz tabele 3 očigledno je

Tabela 5

Vrednosti matrice X

Matrica X		Odredišta												Po- nu- da	
		G	A			B			C			D			
Ishodišta		4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
G	0	20	3	2		1			1			1	2		30
A	1														0
	2			1											1
	3	2													2
B	1														0
	2					2									2
	3	3													3
C	1														0
	2								2						2
	3	2													2
D	1														0
	2												1		1
	3	3													3
Potražnja		30	3	3	0	1	2	0	1	2	0	1	3	0	

da u slučaju klasične organizacije službenih prevoženja (povratne vožnje sa čekanjem korisnika) treba angažovati 16 motornih vozila. Postignuta je ušteda od 6 vozila u odnosu na klasični model povratnih vožnji sa čekanjem;

– način prostorne i vremenske raspodele 10 angažovanih vozila zapisan je u redu G0 matrice X, tabela 5 (3 vozila potrebno je poslati u čvor A u prvom, 2 vozila u čvor A u drugom, 1 vozilo u čvor B u prvom, 1 vozilo u čvor C u prvom, 1 vozilo u čvor D u prvom i 2 vozila u čvor D u drugom vremenskom intervalu);

– šest vožnji realizuje se zahvaljujući odnosu ponude i potražnje za praznim vozilima u čvorovima i intervalima A2 (1 vožnja), B2 (2 vožnje), C2 (2 vožnje) i D2 (1 vožnja). U matrici X ove vožnje naznačene su na dijagonali matrice. Što je veća ravnoteža između ponude i potražnje u pojedinim čvorovima, to se veći broj vožnji može obaviti manjim brojem vozila, što upućuje na mogućnost efika-

snijeg uravnoteženja ponude i potražnje. To se može obezbediti tako što će dispečerska služba naknadno od korisnika zahtevati promenu elemenata opsluge;

– nakon obavljenih vožnji u četvrtom vremenskom intervalu u bazu G se vraćaju sva vozila (iz čvora A2, iz čvora B3, iz čvora C2 i iz čvora D3 vozila). Na taj način dispečerskoj službi je poznato kada i koliko prethodno angažovanih vozila je ponovo na raspolaganju.

Na osnovu matrice X (tabela 5) i matrice W (tabela 3) određuju se i rute vozila. Iz matrice X (red G0) vidi se da tri vozila stižu iz baze G u čvor A u prvom intervalu (A1). Istovremeno, na osnovu matrice W, iz čvora A ova vozila u prvom intervalu, sa putnicima, kreću u čvorove B, C i D, u koje stižu u drugom intervalu (B2, C2, D2). Na taj način, kombinovanim čitanjem matrica X i W, određuju se rute vozila, čiji pregled je dat u tabeli 6. Rute vozila između različitih parova čvorova na transportnoj mreži mogu se odrediti nekom od metoda najkraćeg puta.

Pored opisane metode, broj potrebnih vozila i rute vozila mogu se odrediti i drugim metodama [1]. Imajući u vidu karakteristike zahteva korisnika, po-

Tabela 6

Pregled ruta vozila

Redni broj vozila	Ruta vozila
1	G0 – A1 – B2 – A3 – G4
2	G0 – A1 – C2 – B3 – G4
3	G0 – A1 – D2 – A3 – G4
4	G0 – A2 – B3 – G4
5	G0 – A2 – C3 – G4
6	G0 – B1 – C2 – D3 – G4
7	G0 – C1 – A2 – D3 – G4
8	G0 – D1 – B2 – D3 – G4
9	G0 – D2 – B3 – G4
10	G0 – D2 – C3 – G4

seбно nepovoljnu prostornu i vremensku distribuciju zahteva, „osetljivost“ pojedinih modela i metoda, kao i karakteristike dobijenih rešenja, kriterijum pri određivanju potrebnog broja vozila i projektovanju rutu vozila može biti vreme trajanja praznih vožnji, vreme čekanja korisnika, dužina praznih vožnji, prioritet pojedinih korisnika, itd.

Zaključak

U radu je prikazan algoritam za određivanje potrebnog broja vozila i projektovanje ruta vozila, zasnovan na primeni metode minimiziranja „praznih vožnji“ u slučaju statičkog sistema „Dial-a-Ride System“. U osnovi metode minimiziranja „praznih vožnji“ je „osetljivost“ metode na odnos ponude i potražnje za praznim vozilima u pojedinim čvorovima. Što je veća ravnoteža između ponude i potražnje u čvorovima, to se zahtevane vožnje mogu obaviti manjim brojem vozila. Pored ravnoteže ponude i potražnje, koja je rezultat inicijalnih prostorno-vremenskih karakteristika zahteva korisnika, opisani postupak pruža mogućnost naknadnog uravnoteženja ponude i potražnje po vremenu. To se može obezbediti tako što će dispečerska služba, za vožnje koje nisu u prioritetu i u uslovima nedovoljnog broja motornih vozila, naknadno od korisnika zahtevati izmenu vremena početka vožnje.

Osnovne pretpostavke primene opisanog algoritma su centralizovano prikupljanje zahteva korisnika za prevoz (izvor, cilj kretanja, željeno vreme započinjanja opsluge), centralizovano planiranje, jedinstvena organizacija i realizacija službenih prevoženja, kao i disciplina korisnika prevoza koju mora obezbediti vojna organizacija. Algoritam je primenjiv na nivou organizacione celine koja

centralizovano prikuplja zahteve, planira i realizuje službena prevoženja unutar garnizona, za potrebe jedne ili više drugih organizacionih celina. Algoritam je primenjiv i u uslovima centralizovanog prikupljanja zahteva i planiranja vožnji, u uslovima distribuirane realizacije vožnji (u slučaju kada vožnje realizuje više organizacionih celina, prostorno razmeštenih unutar garnizona, ali po elementima koji su određeni na nivou centralizovane obrade zahteva korisnika).

U opisanim uslovima realizacije zahteva korisnika za prevoz opravdano je razmišljati i o drugim pristupima rešavanju ovog problema. Dosadašnja istraživanja su pokazala velike mogućnosti primene različitih heurističkih algoritama, koji u jednom svom koraku imaju primenu metode dinamičkog programiranja ili grananja i ograničavanja. Heuristički algoritmi, koji se zasnivaju na ovim metodama, daju zadovoljavajuća rešenja, ali pokazuju nedostatke u pogledu dimenzija rešavanog problema (ukupan broj zahteva za prevoz) i vremena rada računara potrebnog za dobijanje rešenja. Poslednjih godina razvijani su algoritmi koji se zasnivaju na primeni fazi logike i algoritama aproksimativnog rezonovanja. Oni nemaju ograničenje dimenzija rešavanog problema i za veoma kratko vreme (do 10 sekundi) daju kvalitetna rešenja.

Buduća istraživanja opisanog problema mogu ići u pravcu razvoja različitih heurističkih algoritama i njihovog testiranja i upoređenja na istim ili različitim praktičnim primerima. Dobijeni rezultati treba da ukažu na opravdanost primene svakog pristupa u konkretnim uslovima.

Literatura:

- [1] Teodorović, D.: Transportne mreže, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1996.
- [2] Vučić, V.: Javni gradski prevoz, Sistemi i tehnika, Naučna knjiga, Beograd, 1987.