

UPRAVLJANJE RIZIKOM PRI TRANSPORTU OPASNE ROBE KROZ NASELJENO MESTO

Jelena Maletić, master inženjer saobraćaja
Tehnička Škola GSP Beograd, jelenamaletic05@gmail.com

dr Aleksandar Jovanović, inženjer saobraćaja
Visoka Inženjerska Škola Strukovnih studija Tehnikum
Taurunum, email: caki1987@gmail.com

Stručni rad

Rezime: Svedoci smo brojnih saobraćajnih nezgoda u transportu opasnih roba kako u gradovima tako i van gradskih područja. Svako vozilo koje učestvuje u saobraćaju predstavlja potencijalnu opasnost. Rizik od posledica nezgode je mnogo veći ako vozilo prevozi robu koja je eksplozivna ili otrovna. Naročito, neke robe su same po sebi opasne, npr. samozapaljive, tako da i bez saobraćajne nezgode mogu da izazovu materijalne štete i povređivanje ljudi. Posebnim propisima regulisana je materija prevoza opasnih roba, koja treba da obezbedi sigurnost onih koji obavljaju prevoz, ostalih učesnika u saobraćaju i okoline. O ozbiljnosti ovog problema govori i to da se njime bave i određena tela Ujedinjenih Nacija, a Evropski sporazum, nazvan ADR, na kojem su zasnovani i naši propisi, detaljno određuje problematiku prevoza opasne robe. Cilj ovog rada je da pokaže kako se tehnike operacionih istraživanja, pre svega dinamičko programiranje i metode višekriterijumske analize, mogu primeniti u doprinosu poboljšanja kvaliteta i bezbednosti transporta opasnih roba. Kao primer je uzeta ulična mreža kojom se kreće vozilo sa opasnom robom, izvršena je optimizacija njegove putanje u skladu sa zadatim kriterijumima i date su moguće lokacije za skladištenja opasne robe.

Ključne reči: opasana roba, transport, rizik, dinamičko programiranje, višekriterijumska analiza.

CONTROL OF RISK IN TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS THROUGH URBAN STREET NETWORK

Jelena Maletić, M.Sc. traffic engineering
Technical school "GSP" Belgrade, jelenamaletic05@gmail.com

Aleksandar Jovanović, Ph.D. traffic engineering
High Engineering School of Professional Studies "Tehnikum
Taurunum", email: caki1987@gmail.com

Professional paper

Abstract: We are witnessing a numerous traffic accidents in the transport of dangerous goods in both cities and outside the city areas. Every vehicle involved in traffic poses a potential danger. The risk of accidents is much higher if the vehicle transports goods that are explosive or poisonous. In particular, some goods are dangerous in themselves, e.g. self-inflammable, so that even without a traffic accident, they can cause material damage and injury to

people. Special papers regulate the transport of dangerous goods, which should ensure the safety of those who perform transport, other participants in traffic and the environment. The severity of this problem is also indicated by certain United Nations bodies, and the European Agreement, called ADR, on which our regulations are based, determines in detail the problems of transporting dangerous goods. The aim of this paper is to show that operational research techniques, primarily dynamic programming and multi-criteria analysis methods, can be used as a contribution to improving the quality and safety transport of dangerous goods. As an example, a street network that drives a dangerous goods vehicle has been optimized, its path has been optimized according to the given criteria and possible locations for the storage of dangerous goods are given.

Key words: Dangerous goods, transportation, risk, dynamic programming, multicriteria analyzes.

1. UVOD

Transport i skladištenje opasnih roba su procesi od vitalnog ekonomskog značaja za svako napredno i tehnološki orjentisano društvo. Sve robe koje predstavljaju rizik po zdravlje ljudi i životinja, i čija svojstva mogu da ugroze životnu sredinu svrstavaju se pod opasne robe.

Više od 3300 roba i njihovih produkta čine listu opasnih roba koja sadrži zapaljive, korozivne, radioaktivne, otrovne i eksplozivne robe. Ova lista je u stalnoj ekspanziji, jer je sve više roba koje ispoljavaju neku od navedenih karakteristika. [1,5,4]

Negativan uticaj opasne robe po okolinu, ispoljava se onoga trenutka kada se nađu u njoj bez kontrole. Da bi rizik bio povezan sa upravljanjem i transportom opasnih roba, važno je razviti sisteme za upravljanje, koji bi uključivali postupke za podržavanje strateških, taktičkih i operativnih odluka sa ciljem smanjenja rizika po sledeće dve dimenzije:

Prva je, **smanjenje nastanka verovatnoće nezgoda**, a druga je, **smanjenje posledica eventualne nezgode**. Prvi cilj se postiže primenom preventivnih akcija, gde ovaj rad između ostalog vidi svoj doprinos, i implementacijom procedura za proizvodnju, pakovanje, skladištenje i transport opasnih roba. Ovi postupci imaju za cilj da minimiziraju ili potpuno otklone sve faktore rizika, koji su posledica ljudske greške ili nedostatka infrastrukture.

Drugi cilj se postiže primenom i implementacijom odgovarajućih propisa i postupaka, koji imaju za cilj da minimiziraju štete, koje je eventualna neželjena situacija prouzrokovala.

Sagledavanjem svih elemenata procene potencijalnih nezgoda i međusobnog uticaja izvodi se zaključak na osnovu kojeg se planira i izvodi obezbeđenje od nezgoda (izdaju se upravljačke odluke svim učesnicima u transportno, pretovarnim i skladišnim procesima, u saradnji sa direktnim korisnicima usluga). Za efikasan odgovor u sprečavanju nezgoda, neophodno je u okviru organizacije prevoza definisati i formirati tim za izvršavanje specijalnih zadataka obezbeđenja - zaštite životne sredine.

U daljem tekstu biće reči o metodama operacionih istraživanja koje su primenjene u ovom radu, kao i o idejama njihove primene za minimizaciju rizika prilikom transporta opasnih roba kroz naseljeno mesto.

2. KARAKTERISTIKE NEZGODA SA OPASNOM ROBOM

Nezgoda prilikom transporta opasne robe, predstavlja iznenadno i nekontrolisano oslobađanje opasnih i štetnih roba u životnu sredinu. Požari, eksplozije, visoki pritisak i naglo oslobađanje kontaminanata prouzrokuju velike žrtve, povrede, razaranja, materijalnu štetu i degradaciju životne sredine za duže vreme sa nesagledivim posledicama. Hemijske nezgode se mogu klasifikovati prema broju žrtava i materijalnoj šteti: tehnološke katastrofe (sa 25 i više nastradalih), velike nezgode (od 5 do 24 nastradalih) i značajne nezgode (od 3 do 4 nastradalih).

Ugroženost objekata (fiksna instalacija, transportno sredstvo) može se svrstati u četiri stepena, sa različitim efektima i težim posledicama, tabela 1.

Tabela 1. Karakteristike hemijskih nezgoda po nivoima

Stepen	Nivo nezgoda	Efekti nezgoda	Posledice nezgoda
I	Lokalni	Ograničeni na sam pogon i transport	Moguće su žrtve i manje robne štete
II	Gradski	Zahvaćeno preduzeće ili šira teritorija	Ima povređenih i veće su robne štete
III	Među-gradski	Nezgoda je širih razmera	Posledice kao za značajnu nezgodu
IV	Regiona-lni	Nezgoda je velikih razmera	Ima osobine tehnološke katastrofe

Source: [6]

Karakteristika nezgode u prevozu opasne robe je nemogućnost saznanja vremena kada će se desiti nezgoda. Međutim, drugu karakteristiku - mesto na kome se može desiti, znamo samo orijentaciono. Na primer, pri kretanju voza odgovarajućom rutom u svakom momentu imamo promenu koordinata one tačke u kojoj se nalazi kompozicija. Ako za jednu od dimenzija ove tačke uzmemo dužinu kompozicije kao bitnu, onda broj tačaka na dužini rute od samo

10 km iznosi oko 20, a na dužini od 1000 km više od 100, što je veoma veliki broj. Kretanjem voza menja se tačka nezgode sa njegovim položajem. Poznato je samo orijentaciono gde je voz na ruti. Treću karakteristiku znamo delimično, na osnovu unapred ugovorenih vrsta hemijskih jedinjenja i količina za prevoz, odnosno iskustveno na osnovu izvršenog prevoza u prethodnom periodu. Ono što čini posebnu specifičnost je mogućnost prevoza različitog hemijskog sastava roba u kompoziciji, što zavisi od niza uslova.

Veliki broj mogućih mesta nezgode praćen je raznovrsnim njihovim karakteristikama. Mesto nezgode može se nalaziti na poljoprivrednom zemljištu, u ravnici, na livadi, u brdskom kraju, kanjonu, na mostu, u naselju, u tunelu... Zbog ovoga i posledice nezgode mogu biti različite. Ovome treba pridodati kao karakteristiku i pristupačnost mesta. Ono može biti teško pristupačno (na planinskom useku, u šumovitom predelu) ili lako pristupačno (u naselju, na raskrsnici). Ove karakteristike mesta znatno otežavaju mere za uklanjanje posledica, nastalog pri nezgodama u transportu.

Kada se razmatraju posledice hemijskog zagađenja pri nezgodama možemo ih svrstati u dve grupe. Prvu grupu čine akutne posledice, koje izazivaju neposredno smrt, teška ili laka povređivanja ljudi, razlivanje i širenje hemijskih roba u okolinu, sa mogućim hemijskim reakcijama i sagorevanjima stvarajući zone visokog rizika. Drugu grupu posledica čine one koje izaziva prisustvo zagađujućih roba na površini zemljišta, odakle postupno prodiru na veće površine, u dublje slojeve zemlje dospevajući i do vodonosnih slojeva. Posebnu opasnost čini zagađivanje vodonosnih slojeva koja čine izvorišta pijaćih voda i vode za tehničku upotrebu.

3. PRIMENA DINAMIČKOG PROGRAMIRANJA

Jedan od čestih algoritamskih problema jeste problem optimizacije. Zadati problem može imati više rešenja, svako rešenje ima svoju vrednost, a traži se ono koje ima ekstremnu vrednost. U jednoj širokoj klasi problema optimizacije, rešenje se može naći korišćenjem dinamičkog programiranja. Ideja dinamičkog programiranja je da se iskoristi princip domina, sve nanizane domine će popadati ako se poruši prva domina u nizu. Dakle, da bi se rešio neki problem, treba rešiti neki njegov manji slučaj (podproblem), a zatim pokazati kako se rešenje zadatog problema može konstruisati polazeći od (rešenih) podproblema. Ovakav pristup je baziran na matematičkoj indukciji [3].

Slično metodi "podeli pa vladaj" (eng. divide and conquer), dinamičkim programiranjem rešavanje jednog problema svodi na rešavanje podproblema. Za ovakve probleme se kaže da imaju optimalnu

strukturu. "Podeli pa vladaj" algoritmi vrše particiju glavnog problema na nezavisne podprobleme. Zatim nastupa rekurzivno rešavanje podproblema, kako bi se njihovim spajanjem dobilo rešenje polaznog problema. Još jedna bitna karakteristika dinamičkog programiranja jeste da se svaki podproblem rešava najviše jednom, čime se izbegava ponovno računanje numeričkih karakteristika istog stanja.

Ideja primene dinamičkog programiranja u ovom radu je naći optimalan put kroz mrežu raskrsnica za vozilo sa opasnim robom. Granama, koje povezuju čvorove (raskrsnice), su dodeljene vrednosti faktora rizika, za koje se veruje da mogu uticati na bezbednost transporta. Faktori rizika kojima su opterećene grane su podeljene u četiri grupe:

- obim saobraćaja (dobijen na osnovu podataka PGDS-a),
- euklidska dužina rute,
- ponderisan broj saobraćajnih nezgoda (SN),
- stanje kolovoza.

Obim saobraćaja može uticati na to da se vozilo koje prevozi opasnu robu nađe u zasićenom ili forsiranom toku, što je nepoželjna situacija iz razloga što se značajno produžava vreme transporta. Ukoliko se prenosi roba koja može biti meta terorista ili krađe (kao što je dinamit, ili radioaktivne robe), vozilo postaje više izloženo, i manje bezbedno od takvih napada.

Dužina rute je uzeta kao faktor da bi se minimiziralo vreme koje vozilu treba da stigne do odredišta, kao i da bi se smanjili troškovi transporta. Naravno, cilj je da takvo vozilo provede što manje vremena na mreži saobraćajnica, naročito zbog toga što prolazi kroz naseljeno mesto.

Posebnim metodom ponderisanja, uvažena je težina posledica saobraćajnih nezgoda. Naime, svaka SN je ponderisana, dodeljivanjem težinskih indeksa (ponderi značaja) u zavisnosti od težine posledica. Težinski indeksi su određeni na osnovu troškova saobraćajnih nezgoda u naseljima koji su dati u

Priručniku za bezbednost puteva [2]:

- SN sa lakim telesnim povredama (procenjeni troškovi oko 21.939 \$/SN) multiplicirane su težinskim indeksom 1,
- SN sa teškim telesnim povredama (procenjeni troškovi oko 220.270 \$/SN) multiplicirane su težinskim indeksom 10 i
- SN sa poginulim licima (procenjeni troškovi oko 1.866.382 \$/SN) multiplicirane su težinskim indeksom 85.

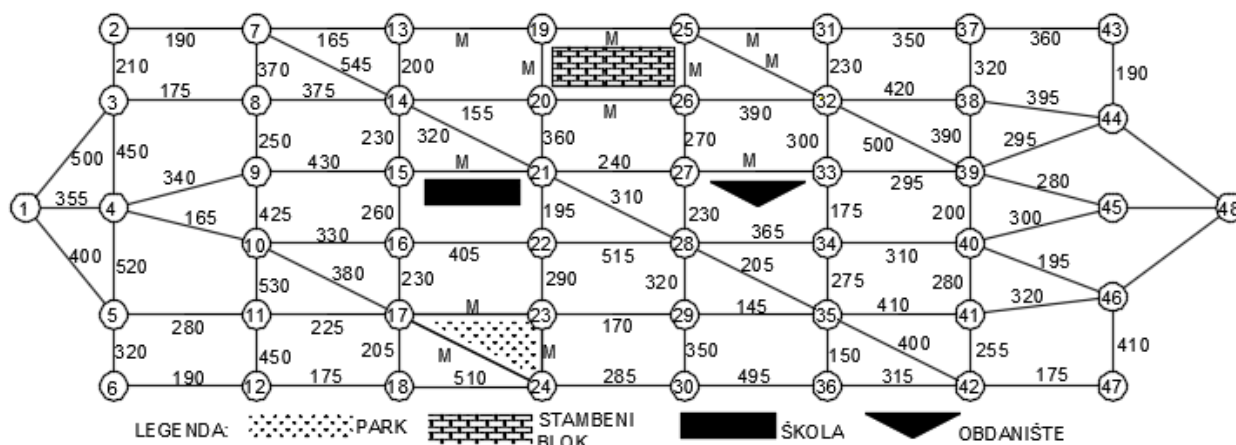
Stanje kolovoza je bitan faktor pri transportu opasnih roba, iz razloga što mogu postojati robe koje su hemijski nestabilne, i udarne rupe na kolovozu (koje se učestalo javljaju u naseljenim mestima u Srbiji), mogu ugroziti bezbednost transporta. Naravno, to bi povećalo i troškove amortizacije vozila koje se koristi u tu namenu. Skala koja opisuje stanje kolovoza na mreži uzima vrednosti od 1 do 10, gde je 1 najbolje stanje, a 10 najlošije stanje kolovoza.

Kako se radi o naseljenom mestu, gde postoje obdaništa, škole, stambene zone i parkovi, neke grane se moraju isključiti iz rute vozila na kojima se mogu transportovati opasne robe. Cilj je, ukoliko dođe do neželjenih događaja, te događaje što više pomeriti od ovih osetljivih objekata i mesta. Mreža na kojoj će se testirati optimizacija rute vozila sa opasnim robom data je na slici 1.

Kroz grane koje su označene sa "M", što predstavlja mnogo veliki broj, zabranjen je prolazak vozila sa opasnim robom. Njegova vrednost prilikom optimizacije usvojena je $M = 1.000.000$.

Nije predviđeno da se vozila kreću unazad kroz mrežu, što i nije slučaj u realnosti. Granama koje su "slepe ulice" za vozila, tj. ukoliko vozila krenu tim granama ne mogu doći do cilja niti jednim putem, označene sa "M".

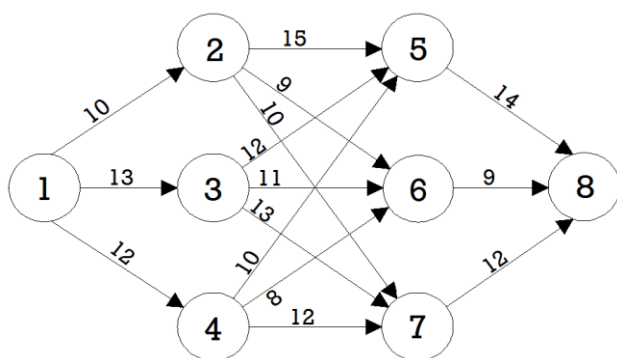
Vozilo sa opasnom robom, svoj put počinje sa mesta gde se prikuplja, pakuje i vrši utovar u vozila, što može biti fabrika eksploziva, nuklearna elektrana, rafinerija, hemijska industrija i sl.



Slika 1. Test mreža

To mesto, na mreži sa slike 1, se nalazi u prvom čvoru mreže. Potom vozilo prolazi kroz mrežu, vrši se optimizacija njegove putanje u skladu sa zadatim kriterijumima (faktorima rizika, kojima su opterećene grane) do tri za to predviđena mesta, koja su na mreži označena sa 44, 45 i 46, gde se i skladišti. Ova tri mesta, predstavljaju tri moguće lokacije za konačno odredište opasne robe. Mesto 48 je fiktivno i grane koje vode ka njemu su takođe fiktivne, a svoju svrhu nalazi u testiranju mogućih lokacija za smeštaj opasne robe (44, 45 i 46). Na primer, ukoliko želimo da testiramo mesto 44 kao moguću lokaciju za smeštaj opasne robe granu koja ga povezuje sa fiktivnim mestom 48 operetimo sa 0, a sve ostale (grane 45 – 48 i 46 - 48) sa "M".

Na jednom hipotetičkom primeru pokazaćemo princip rada dinamičkog programiranja. Iskorišćena je aplikacija programskog paketa "WINQSB", koja u sebi sadrži dinamičko programiranje i pomoću koje je izvršena optimizacija. Ideja i princip dinamičkog programiranja prikazani su u slici 2, i daljem tekstu.



Slika 2. Hipotetička mreža

Ideja je da se izračuna najkraći put od mesta 1 do mesta 2, 3 i 4 (prva faza) i da se potom taj rezultat koristi kao ulaz za drugu fazu. Proračun prve faze bi izgledao na sledeći način:

- Najkraća putanja iz mesta 1 do mesto 2 je 10 (iz mesta 1).
- Najkraća putanja iz mesta 1 do mesta 3 je 13 (iz mesta 1).
- Najkraća putanja iz mesta 1 do mesta 4 je 12 (iz mesta 1).

Faza 2. ima tri mesta: 5, 6 i 7. Ako posmatramo mesto 5 videćemo, da se do njega može doći iz mesta 2, 3 i 4 preko tri različite rute: (2,5), (3,5) i (3,5). Ova informacija zajedno sa najkraćom distancom do mesta 2, 3 i 4 određuje nam najkraći put do mesta 5. Rezultati druge faze su:

- Najkraća putanja do mesta 5 =
$$\min \begin{cases} 15 + 10 = 25 \\ 12 + 13 = 25 \\ 10 + 12 = 22 \end{cases} = 22 \text{ (iz mesta 4).}$$

- Najkraća putanja do mesta 6 =
$$\min \begin{cases} 9 + 10 = 19 \\ 11 + 13 = 24 \\ 8 + 12 = 20 \end{cases} = 19 \text{ (iz mesta 2).}$$

- Najkraća putanja do mesta 7 =
$$\min \begin{cases} 10 + 10 = 20 \\ 13 + 13 = 26 \\ 12 + 12 = 24 \end{cases} = 20 \text{ (iz mesta 2).}$$

Prema opisanom postupku dolazi se i do rezultata poslednje, treće faze:

- Najkraća putanja do mesta 8 =
$$\min \begin{cases} 14 + 22 = 36 \\ 9 + 19 = 28 \\ 12 + 20 = 32 \end{cases} = 28 \text{ (iz mesta 6).}$$

Na kraju rekurzivno očitamo najkraći trasu koju čine sledeći mesta: **8 – 6 – 2 – 1**.

4. VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA PRIMENOM SAW METODE

Poslednjih decenija došlo je do snažnog razvoja i neobične popularnosti metoda višekriterijumske analize. Razlozi ovog fenomena su i teorijske i praktične prirode.

U teorijskom smislu, višekriterijumska analiza je atraktivna jer se bavi nedovoljno struktuiranim problemima (engl. ill structured problems). U praktičnom smislu, višekriterijumska analiza nudi značajnu pomoć u rešavanju svakodnevnih zadataka izbora odluka, upravljačkih akcija, i pouzdan alat su u projektovanju i metodološkoj podršci u eksploataciji najraznovrsnijih sistema.

Izabrana je SAW (*Simple Additive Weighting Method*) metoda, čiji je cilj, da se u skladu sa mogućim lokacijama, koji se nalaze u mestima 44, 45 i 46, i uzimanjem u obzir svih pomenutih faktora rizika, odredi "najbolja ruta" za vozilo sa opasnom robom kroz datu mrežu. Matrica ulaza sa optimalnim vrednostima, koje je po kriterijumima i mogućim lokacijama za skladištenje dalo dinamičko programiranje prikazana je u sledećoj tabeli 2.

Tabela 2. Ulazna matrica za SAW metodu

		Kriterijumi			
		PGDS	Dužina	Ponderi -san broj SN	Stanje kolovoza
Alternative	Lokacija 1 (mesto 44)	2034	2810	283	26
	Lokacija 2 (mesto 45)	1808	2655	245	23
	Lokacija 3 (mesto 46)	1645	2550	254	21
Traženi ekstrem		min	min	min	min
Težinski koeficijent		0,85	0,8	0,85	0,75

SAW je jednostavna i široko korišćena metoda višekriterijumske analize koja uzima u obzir težine kriterijuma. Za svaku alternativu računa se zbirna karakteristika, odnosno vrednost dobijena sumiranjem otežanih normalizovanih vrednosti po svim kriterijumima. Ona alternativa kojoj odgovara najveća ovako izračunata vrednost predstavlja "najbolje" rešenje.

5. REZULTATI I DISKUSIJA REŠENJA

Vrednosti koje su dobijene prilikom optimizacije dinamičkim programiranjem, i rute koje odgovaraju tim vrednostima date su u sledećoj tabeli 3.

Tabela 3. Izlazni rezultati optimizacije po jednom kriterijumu

Kriterijum	Lokacija	Ruta	Vrednost f-je
PGDS	mesto 44	1-4-10-16-22-28-35-41-40-39-44	2034
	mesto 45	1-4-10-16-22-28-35-41-40-45	1808
	mesto 46	1-4-10-16-22-28-35-42-47-46	1645
Dužina	mesto 44	1-3-8-14-21-28-34-33-39-44	2810
	mesto 45	1-3-8-14-21-28-34-40-45	2655
	mesto 46	1-3-8-14-21-28-34-40-46	2550
Ponderi -san broj SN	mesto 44	1-4-9-15-14-21-28-29-35-42-41-40-39-44	283
	mesto 45	1-4-9-15-14-21-28-29-35-42-41-40-45	245
	mesto 46	1-4-9-15-14-21-28-29-35-42-41-40-46	254
Stanje kolovo- -za	mesto 44	1-3-8-14-21-27-26-32-39-44	26
	mesto 45	1-5-11-17-16-22-28-34-40-45	23
	mesto 46	1-5-11-17-16-22-23-29-35-42-47-46	21

Program kao rezultat može da izvrši optimizaciju iz bilo kog mesta. Dakle, kao ulaz možemo mu zadati bilo koji mesto mreže i on će kao izlaz dati optimalnu rutu po traženom kriterijumu.

U slučaju optimizacije po zbirnom kriterijumu mora se pristupiti normalizaciji svih vrednosti svih kriterijuma po granama mreže i potom naći njihova suma.

Tako dobijenom vrednošću zbirnog kriterijuma predlažu se 3 moguće rute u zavisnosti od lokacije skladištenja. Vrednosti koje su dobijene prilikom optimizacije dinamičkim programiranjem, i rute koje odgovaraju tim vrednostima date su u sledećoj tabeli 4. Vrednost funkcije dobija se na isti način kao u prethodnom slučaju kod tabele 3. Ruta sa najmanjom vrednošću ovako dobijene f-je biće predložena kao izlazni rezultat u ovom slučaju.

Tabela 4. Izlazni rezultati optimizacije po zbirnom kriterijumu

Kriterijum	Lokacija	Ruta	Vred. f-je
Zbirni kriterijum	mesto 44	1-3-8-14-21-35-34-33-39-44	3,70
	mesto 45	1-4-9-15-14-21-28-29-35-41-40-45	4,53
	mesto 46	1-4-10-16-22-28-35-41-40-46	3,93

Odabrana je ruta sa najmanjom vrednošću f-je, pa se u skladu sa tim kao izlazni rezultat u ovom slučaju predlaže ruta: **1-3-8-14-21-35-34-33-39-44**.

U prvom slučaju optimizacije izvršeno je višekriterijumsko rangiranje ruta, koje su dobijene dinamičkim programiranjem, koje u obzir uzimaju sve kriterijume posebno. Usvaja se ruta po samo jednom kriterijumu i po samo jednoj alternativu (mogućoj lokaciji za skladištenje).

U drugom slučaju pristupa se normalizovanju vrednosti svih kriterijuma po granam mreže i njihov zbir predstavlja vrednost koja je ulaz za dinamičko programiranje. Potom se predlažu tri vrednosti u odnosu na tri moguće lokacije skladištenja, od kojih se bira ruta sa najmanjom vrednošću funkcije.

Prednost prvog slučaja je u tome što je moguće analizirati rizik po svim kriterijumima posebno, i predložiti rutu sa onim kriterijumom koji najviše utiče na bezbednost transporta, dok drugi slučaj daje prednost zbog činjenice da se svi kriterijumi rizika sadrže u konačnoj ruti i nije potrebno vršiti višekriterijumsko rangiranje.

6. ZAKLJUČAK I BUDUĆA ISTRAŽIVANJA

Ovaj rad pokazuje da se dinamičko programiranje kao metoda za pronalaženje najkraćeg (u ovom slučaju najboljeg) puta kroz mrežu može uspešno primeniti na problem rutiranja transportnih sredstva sa opasnim teretom. U slučaju optimizacije po više kriterijuma izvršeno je višekriterijumsko rangiranje primenom SAW metode.

U ovom slučaju razmatrana je relativno mala mreža, ali možemo postaviti problem širih razmera. Na primer, vozilo treba da preveze opasni teret sa jednog na drugi kraj grada, gde se nalaze moguće lokacije za skladištenje.

Program kao rezultat može da izvrši optimizaciju rute vozila sa opasnim teretom iz bilo kog čvora mreže. Dakle, kao ulaz možemo mu zadati bilo koji čvor mreže i on će kao izlaz dati optimalnu rutu po traženim kriterijumima. Ovo može biti pogodno kod projektovanja rute u realnom vremenu, na realnoj saobraćajnom mreži.

U budućim istraživanjima moguće je izvršiti kompleksniju procenu uticaja rizika izlivanja opasnog tereta na stanovništvo, u skladu sa mogućim zagađenjem vazduha i zemljišta, a u zavisnosti od vrste opasnog tereta.

Literatura

- [1] Office of Federal Register. (1990). Hazardous Materials Table: Title 49 Code of Federal Regulations 172.101, National Archives and Records Administration.
- [2] Road safety Manual. (2004). Recommendation from the Road World Association, PIARC.
- [3] Taha, H. (2003). Uvod u operaciona istraživanja. New Jersey: Upper Seddle River.
- [4] Transportation Research Board. (1983). Special Report 197: Transportation of Hazardous Materials: Towards a National Strategy, TRB National Research Council, Washington DC.
- [5] United Nations. (1985). ADR: European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road.
- [6] Vujanović - Miloradov, M., i ostali. (2009). Upravljanje rizikom pri transportu opasnih roba. 1st International Conference Ecological Safety in Post-Modern Enviroment, Banja Luka, 2009.