

Predrag Stamenković,
poručnik, dipl. inž.
VP 9445/4, Kraljevo

MODEL OPERATIVNOG PRAĆENJA STANJA PUTNE MREŽE I KARAKTERISTIKA PUTNIH OBJEKATA

UDC: 355.691.1.008.5 : 625.711

Rezime:

Planiranje kretanja jedan je od elemenata planiranja saobraćaja. Važnost planiranja saobraćaja ogleda se u činjenici da uredan saobraćaj na putevima u određenoj zoni obezbeđuje brzo, bezbedno, pouzdano i ekonomično kretanje svih učesnika u saobraćaju, uz najpovoljnije iskorišćenje postojeće putne mreže, raspoloživih saobraćajnih i transportnih sredstava i ljudskog potencijala. Sa vojnog aspekta posmatrano, planiranje vojnog putnog saobraćaja sprovodi se u svim uslovima, u ratu i miru. Posebno važan element procesa planiranja kretanja vojne motorizovane kolone jeste analiza karakteristika putne mreže.

Ključne reči: model, putni objekti, vizuelni prikaz, baza podataka.

MODEL OF OPERATIVE MONITORING OF HIGHWAY NETWORK CONDITIONS AND HIGHWAY STRUCTURES CHARACTERISTICS

Summary:

Vehicular movement planning is one of transportation planning elements. The importance of transportation planning is stressed by the fact that regular transportation on highways in a particular area prondes fast, safe, reliable and economical movement of all participants in transportation, together with the most suitable exploitation of an existing highway network, available traffic and transport means and personnel potential. From the military point of view, planning of military highway transportation has been carried out under all conditions, at war or during the time of peace. A particularly important element in the procedure of planning of military motorized column formation is the analysis of the highway network characteristics.

Key words: model, highway structures, visual presentation, data base.

Uvod

Planiranje vojnog putnog saobraćaja sprovode nadležne komande i organi, a obavlja se za sve potencijalne korisnike putne mreže u skladu sa karakteristikama utvrđenih režima saobraćaja i prioriteta u kretanju. Posebno važan element procesa planiranja kretanja vojne motorizovane kolone jeste analiza karakteristika putne

mreže i utvrđivanje pravca kretanja kolone od polazne tačke do marševskog cilja. Pri tome posebnu pažnju treba posvetiti analizi uticaja putnih objekata na saobraćajne mogućnosti putne mreže, a time i na samo planiranje kretanja, jer su saobraćajne mogućnosti putne mreže i prostorna i vremenska raspodela vojnih motorizovanih kolona na mreži prvenstveno određeni karakteristikama putnih objekata.

U okviru ovog rada pod pojmom putni objekti podrazumevaće se oni elementi putne infrastrukture koji svojim karakteristikama, stanjem i položajem mogu da utiču na kretanje motornih vozila samostalno ili u okviru kolone, kao što su mostovi, propusti, nadvožnjaci, podvožnjaci, tuneli, veliki usponi i padovi, krivine malog poluprečnika i važnije karakteristične raskrsnice.

Pod karakteristikama putnih objekata podrazumevaju se one osobine koje se stvaraju nastajanjem putnih objekata, dok se pod stanjem putnih objekata podrazumeva trenutno stanje usled dejstva spoljašnjih uticaja i mogućnost eksploatacije putnih objekata.

Putni čvorovi mogu se definisati kao mesta na putnoj mreži koja predstavljaju granice putnih deonica, a preko kojih je moguća veza sa drugim putnim deonicama. To mogu biti razni objekti na putnoj mreži, raskrsnice, naseljena mesta, prelazi preko železničke pruge, i dr.

Raskrsnice su mesta na putnoj mreži gde se ukrštaju (seku) ili spajaju najmanje dva puta na mreži. U ovom radu raskrsnice se posmatraju kao putni objekti, jer se samo kao takve mogu razmatrati u funkciji planiranja kretanja. Na planiranje kretanja, raskrsnice utiču kao uska grla, u smislu smanjenja brzine kretanja i propusne moći čitave deonice puta.

Potpuni, pravovremeni, objektivni i ažurni podaci o karakteristikama putne mreže osnovni su preduslov ocene saobraćajnih mogućnosti putne mreže, efikasnog planiranja vojnog putnog saobraćaja i visoke upotrebne vrednosti planskih rešenja i pratećih dokumenata [11].

U ovom radu predložen je model operativnog praćenja karakteristika i stanja putnih objekata sa vizuelnim prikazom, uz razradu pojedinačnih modela

pomoću kojih se ovaj problem rešava. Ovako postavljen model predstavljao bi osnovu za projektovanje informacione podrške, tj. programa za vizuelni prikaz prostornog razmeštaja i karakteristika putnih objekata i određivanje najkraćeg puta na mreži, u nekom od programskih jezika.

Model vizuelnog prikaza putnih objekata, čvorova i deonica puta

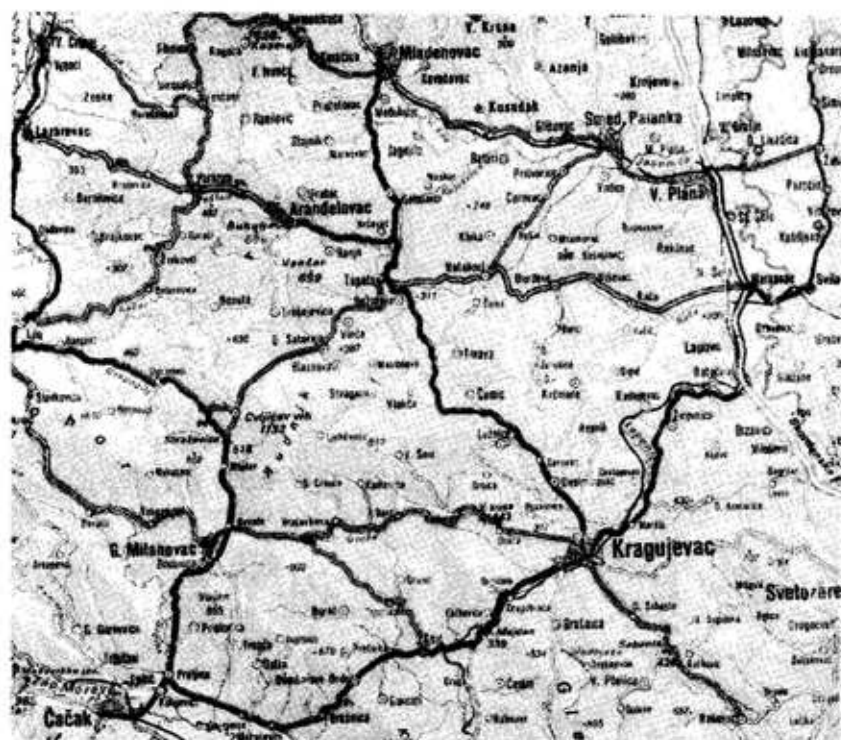
Radi operativnog praćenja karakteristika i stanja putnih objekata, značajno je na računaru vizuelno prikazati putnu mrežu i prostorni razmeštaj putnih objekata na toj mreži. Postoje različiti načini ovakvog vizuelnog prikazivanja. Jedan od tih načina je prikazivanje putnih objekata pomoću simbola (oznaka) postavljenih na odgovarajuću pozadinu.

Kao pozadina vizuelnog prikaza na ekranu uzima se modifikovana skenirana putna karta (slika 1) posmatranog područja, na kojoj je uočljiv određen deo putne mreže. Na tako modifikovanu putnu kartu unose se simboli za putne objekte, putne čvorove i deonice puta.

Simboli putnih objekata, čvorova i deonica puta predstavljaju, u stvari, određene oznake urađene (nacrtane) u nekom od grafičkih programskih jezika (Micrograph Picture, Corel Draw, MS Paint ili dr.) u više boja.

Značajno je da svaki od tih simbola ima svoju oznaku (ime, naziv), kao na slici 2. Indeks i predstavlja oznaku boje simbola putnog objekta, čvora ili deonice puta i to:

- 1 – bela boja,
- 2 – crvena,
- 3 – žuta,
- 4 – tamnoplava,
- 5 – svetloplava,
- 6 – zelena.



Sl. 1 – Modifikovani deo putne karte

-  – simbol za putni čvor (oznaka C_j);
-  – simbol za deonicu puta (oznaka D_j);
-  – simbol za krivinu malog poluprečnika (oznaka K_j);
-  – simbol za most (oznaka M_j);
-  – simbol za nadvožnjak – podvožnjak (oznaka N_j);
-  – simbol za propust (oznaka P_j);
-  – simbol za raskrnicu (oznaka R_j);
-  – simbol za tunel (oznaka T_j);
-  – simbol za veliki uspon (oznaka U_j).

Sl. 2 – Simboli putnih objekata

Indeks j predstavlja redni broj konkretnog putnog objekta, čvora ili deonice puta u bazi podataka.

Simboli se postavljaju na pozadinu na taj način što se na mesto na kojem se nalazi konkretan putni objekat postavljaju svi simboli te grupe putnih objekata kojima je indeks j jednak rednom broju putnog objekta u bazi podataka, tj. svi simboli (u svim bojama) koji se odnose na konkretni putni objekat, čvor ili deonicu puta. Simboli se postavljaju jedan preko drugog, tako da se u potpunosti poklapaju.

Vizuelno prikazivanje simbola u određenoj boji podrazumeva da su svi simboli posmatranog putnog objekta, čvora ili deonice puta prikazani kao ne-

vidljivi (nisu prikazani) na ekranu, sem simbola u zadatoj boji, koji je na ekranu prikazan kao vidljiv.

Simboli za putne čvorove i deonice puta prikazuju se na pozadini (putnoj karti) kao stalni sadržaj, tj. ne mogu se ukloniti sa ekrana već se samo može promeniti boja kojom su obojeni.

Ovako predstavljen model vizuelnog prikaza putnih objekata, čvorova i deonica puta treba da omogući prikazivanje:

- svih ili pojedinih grupa putnih objekata (po izboru) u izabranoj boji (bela, zelena ili svetloplava);

- putnih objekata koji zadovoljavaju kriterijume ograničenja po njihovim pojedinim karakteristikama u različitoj boji u odnosu na boju ostalih prikazanih objekata;

- putnih objekata koji zadovoljavaju kriterijume ograničenja po njihovim pojedinim karakteristikama, bez prikazivanja ostalih objekata;

- zarušenih putnih objekata za sve ili pojedine grupe putnih objekata po izboru i to isključivo u crvenoj boji;

- putnih čvorova i deonica puta u tamnoplavoj boji, kojima se treba kretati pri određivanju najkraćeg puta ili pri određivanju mogućnosti obilaska putnog objekta.

Zarušeni putni objekti uvek se (pri bilo kom prikazu), kada se nalaze prikazani na ekranu, prikazuju crvenom bojom.

Model baze podataka o putnim objektima

Da bi se mogao vizuelno prikazati skup karakteristika i stanja u kojima se nalaze putni objekti, koji su locirani na putnoj mreži, potrebno je sve podatke o karakteristikama i stanju za svaki poje-

dinačni putni objekat čuvati na jednom mestu.

Podaci se čuvaju u tzv. bazama podataka, koje mogu biti kreirane i organizovane na različite načine. Baze podataka mogu se kreirati u različitim programskim jezicima kao što su: Access, FoxPro, dBase i dr.

Za konkretan zadatak čuvanja podataka o karakteristikama i stanju putnih objekata potrebno je kreirati bazu podataka koja će sadržati sledeće tabele:

- deonice puta;
- mostovi;
- nadvožnjaci – podvožnjaci;
- čvorovi;
- tuneli;
- krivine malog poluprečnika;
- propusti;
- usponi;
- raskrsnice.

U ovim tabelama treba da se nalaze podaci za konkretne putne objekte pojedinačno. Grupe podataka po tabelama predstavljaju skupove podataka o karakteristikama i stanju putnih objekata (tabele 1 do 8).

Svaki od navedenih podataka ima svoje značenje i to:

- redni broj
- označava redni broj konkretnog putnog objekta, čvora ili deonice puta pod kojim

Tabela 1

Grupe podataka u tabeli deonice puta

Naziv podatka	Tip podatka	Veličina podatka
Redni broj	Integer	-
Naziv	Text	30
Dužina	Single	-
Širina kolovoza	Single	-
Kolovozni zastor	Text	30
Srednja brzina	Single	-

Tabela 2

Grupe podataka u tabeli krivine malog poluprečnika

Naziv podatka	Tip podatka	Veličina podatka
Redni broj	Integer	-
Naziv	Text	30
Deonica puta	Text	30
Početna stacionaža	Single	-
Krajnja stacionaža	Single	-
Poluprečnik	Single	-
Mogućnost savlađivanja	Boolean	-
Način savlađivanja	Text	20
Vreme savlađivanja	Single	-
Srednja brzina	Single	-

Tabela 3

Grupe podataka u tabeli mostovi–propusti

Naziv podatka	Tip podatka	Veličina podatka
Redni broj	Integer	-
Naziv	Text	30
Deonica puta	Text	30
Početna stacionaža	Single	-
Krajnja stacionaža	Single	-
Širina	Single	-
Dužina	Single	-
Nosivost	Single	-
Srednja brzina	Single	-
Zarušenost	Boolean	-

Tabela 4

Grupe podataka u tabeli usponi

Naziv podatka	Tip podatka	Veličina podatka
Redni broj	Integer	-
Naziv	Text	30
Deonica puta	Text	30
Početna stacionaža	Single	-
Krajnja stacionaža	Single	-
Veličina	Single	-
Dužina	Single	-
Srednja brzina	Single	-

Tabela 5

Grupe podataka u tabeli nadvožnjaci–podvožnjaci

Naziv podatka	Tip podatka	Veličina podatka
Redni broj	Integer	-
Naziv	Text	30
Širina nadvožnjaka	Single	-
Dužina nadvožnjaka	Single	-
Nosivost nadvožnjaka	Single	-
Brzina na nadvožnjaku	Single	-
Širina podvožnjaka	Single	-
Visina podvožnjaka	Single	-
Brzina na podvožnjaku	Single	-
Zarušenost	Boolean	-

Tabela 6

Grupe podataka u tabeli raskrsnice

Naziv podatka	Tip podatka	Veličina podatka
Redni broj	Integer	-
Naziv	Text	30
Oblik	Text	30
Broj prilaza	Integer	-
Širina prilaza	Single	-
Svetlosni signal	Boolean	-
Srednja brzina	Single	-

Tabela 7

Grupe podataka u tabeli tuneli

Naziv podatka	Tip podatka	Veličina podatka
Redni broj	Integer	-
Naziv	Text	30
Deonica puta	Text	30
Početna stacionaža	Single	-
Krajnja stacionaža	Single	-
Širina	Single	-
Visina	Single	-
Dužina	Single	-
Srednja brzina	Single	-
Zarušenost	Boolean	-

Tabela 8

Grupe podataka u tabeli čvorovi

Naziv podatka	Tip podatka	Veličina podatka
Redni broj	Integer	-
Naziv	Text	30

se nalazi u odgovarajućoj tabeli u bazi podataka;

- naziv
- označava ime konkretnog putnog objekta, čvora ili deonice puta;

- deonica puta

- označava deonicu puta na kojoj se nalazi konkretni putni objekat (krivina malog poluprečnika, most, propust, tunel i uspon) na putnoj mreži;

- početna stacionaža

- označava udaljenost konkretnog putnog objekta (krivina malog poluprečnika, most, propust, tunel ili uspon) od početnog čvora deonice puta na kojoj se nalazi, km;

- krajnja stacionaža

- označava udaljenost konkretnog putnog objekta (krivina malog poluprečnika, most, propust, tunel ili uspon) od krajnjeg čvora deonice puta na kojoj se nalazi, km;

- širina

- označava širinu konkretnog putnog objekta (most, propust, tunel, nadvožnjak ili podvožnjak), m;

- visina

- označava visinu konkretnog putnog objekta (tunel, ili podvožnjak), m;

- dužina

- označava dužinu konkretnog putnog objekta (most, propust, tunel, nadvožnjak ili uspon) ili deonice puta, m;

- nosivost

- označava nosivost konkretnog putnog objekta (most, propust ili nadvožnjak), t;

- srednja brzina

- označava srednju brzinu kretanja vozila pri savlađivanju konkretnog putnog objekta (most, propust, tunel, uspon, raskrsnica, krivina malog poluprečnika, nadvožnjak ili podvožnjak) ili deonice puta, km/h;

- poluprečnik

- označava vrednost veličine poluprečnika kod krivina malog poluprečnika, m;

- mogućnost savlađivanja

- označava da li se konkretna krivina malog poluprečnika može ili ne može savladati;

- način savlađivanja

- označava na koji se način savlađuje krivina malog poluprečnika, sa ili bez manevrisanja;

- vreme savlađivanja

- označava vreme za koje se može savladati krivina malog poluprečnika, min;

- širina kolovoza

- označava širinu kolovoza na konkretnoj deonici puta, m;

- kolovozni zastor

- označava vrstu kolovoznog zastora na konkretnoj deonici puta;

- oblik

- označava oblik konkretne raskrsnice („T“, „Y“, krstastog ili dr. oblika);

- broj prilaza

- označava koliki broj prilaza ima konkretna raskrsnica;

- širina prilaza

- označava širinu svih prilaza na konkretnoj raskrsnici, m;

- svetlosni signal

- označava da li je konkretna raskrsnica regulisana svetlosnim saobraćajnim znacima ili nije;

- veličina

- označava vrednost veličine konkretnog uspona, %;

- zarušenost

Kriterijumi ograničenja za putne objekte

Putni objekti	Kriterijumi ograničenja		
Krivine malog poluprečnika	poluprečnik	-	-
Mostovi	širina	nosivost	dužina
Nadvožnjaci	nosivost	dužina	-
Podvožnjaci	visina	-	-
Propusti	širina	nosivost	dužina
Raskrsnice	svetlosni signal	-	-
Tuneli	širina	visina	dužina
Uspioni	veličina	-	-

Model postavljanja ograničenja

U toku planiranja kretanja motornih vozila čija masa ili gabariti prelaze određene norme (specijalna motorna vozila i sl.) ili motornih vozila koja prevoze određene predimenzionirane terete, postavlja se pitanje da li takva motorna vozila mogu da savladaju pojedine putne objekte. Da bi se omogućilo izdvajanje pojedinih putnih objekata koji se ne mogu savladati, iz grupe putnih objekata potrebno je definisati određene kriterijume prema kojima će se vršiti selekcija. Ti kriterijumi su tzv. kriterijumi ograničenja. Kriterijumi ograničenja prema ko-

jima se vrši selekcija putnih objekata dati su u tabeli 9.

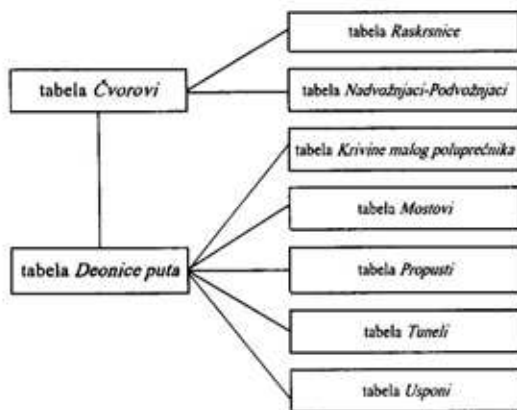
Bliže objašnjenje o svakoj od navedenih grupa podataka pojedinačno dato je u modelu baze podataka o putnim objektima.

Na osnovu vrednosti postavljenog ograničenja pretražuju se podaci u bazi podataka, za konkretnu karakteristiku putnog objekta (kriterijum ograničenja), a iz baze podataka očitavaju se samo oni putni objekti kod kojih je vrednost navedenog kriterijuma *manja* od vrednosti zadate u ograničenju. Na taj način se označeni putni objekti mogu vizuelno prikazati na ekranu prema modelu vizuelnog prikaza putnih objekata, čvorova i deonice puta.

Model određivanja najkraćeg puta na putnoj mreži

U rešavanju zadataka operativnog planiranja kretanja, izbor najkraćeg puta između čvorova na putnoj mreži je stalan i neizbežan zadatak.

Zadatak određivanja puta na putnoj mreži postavlja se kao zadatak odredi-



Sl. 3 – Organizacija veza između tabela sa podacima u bazi podataka

vanja najkraćeg puta. Pri tome se kao najkraći put između dva zadata čvora na putnoj mreži podrazumeva put koji od svih mogućih puteva između ta dva čvora ima najmanju „dužinu“. „Dužina“ puta predstavlja zbir „dužina“ grana koje ga čine. Pod pojmom „dužina“ mogu se podrazumevati različite veličine, kao što su: rastojanje, vreme putovanja, cena, propusna moć, pouzdanost ili neke druge karakteristike koje jednu deonicu, ili put u celini, čine preferentnom u odnosu na drugu deonicu ili drugi put [12].

U okviru ovog rada pod pojmom „dužina“ podrazumevaće se sledeće veličine:

- rastojanje između čvorova, (km);
- vreme putovanja, tj. vreme potrebno za savlađivanje određenog rastojanja, (h).

Zadatak određivanja najkraćeg puta na putnoj mreži može se formulisati na različite načine. Najčešće se formuliše kao zadatak određivanja najkraćeg puta, i to [1]:

- između dva zadata čvora na putnoj mreži;
- između jednog zadatog i svih ostalih čvorova na putnoj mreži;
- između svih čvorova na putnoj mreži.

U ovom radu opisan je *model za određivanje najkraćeg puta između dva zadata čvora na putnoj mreži* [3, 4, 12].

Standardna postavka modela za određivanje najkraćeg puta između dva zadata čvora na putnoj mreži polazi od toga da su čvorovi putne mreže proizvoljno numerisani, počev od A_1 do A_n , i da je putnoj mreži pridružena matrica L od $n \cdot n$ nenegativnih brojeva, tako da $l_{ij} \geq 0$ predstavlja dužinu grane (A_i, A_j) i da je, u opštem slučaju $l_{ij} \neq l_{ji}$, $l_{ji} = 0$, a $l_{ij} = \infty$, ako ne postoji grana (A_i, A_j).

Traži se najkraći put između čvorova A_i i A_j .

Razvijeno je više metoda i modela određivanja najkraćeg puta na putnoj mreži. U principu svi modeli se mogu svrstati u dve grupe. Prvu grupu čine tzv. modeli konstruisanja „minimalnog stabla“, a druga grupa su matricni algoritmi [3].

Analiza pokazuje da su za velike mreže i mreže sa velikim brojem karakteristika grana pogodniji *modeli konstruisanja „minimalnog stabla“*. Kod njih se model putne mreže uzima što adekvatnije stvarnoj putnoj mreži i pri proračunima se razmatraju samo one veze koje stvarno postoje između čvorova. Najjednostavniji način zapisivanja stabla najkraćih puteva sastoji se u pamćenju „prethodnika“. „Prethodnik“ je, u stvari, prethodni čvor u stablu najkraćih puteva ili čvor iz kojeg se u određeni čvor dolazi najkraćim putem [4].

Jedan od računski najefikasnijih modela za određivanje najkraćeg puta od jednog zadatog čvora A_r do drugog zadatog čvora A_s , ili do svih ostalih čvorova na putnoj mreži, kada su svi $l_{ij} \geq 0$, jeste tzv. „*model obeležavanja*“ [3]. Suština algoritma je u iterativnom razvijanju najkraćeg stabla od početnog čvora A_r dodavanjem po jedne grane u svakoj iteraciji, tj. koraku. Čvorovima se iterativno daju obeležja, privremena ili trajna, koja predstavljaju gornje granične vrednosti za najkraća rastojanja od A_r do A_s . Privremena obeležja definišu se relacijom:

$$l_j^i = l_i^i + l_{ij}$$

a trajna operacijom

$$l_j^i = \min_{i,j \in S} (l_i^i + l_{ij})$$

gde je S – skup svih grana koje izlaze iz i -tog čvora (skup susednih čvorova).

Ova operacija realizuje se na svim čvorovima koji su „aktivni“. „Aktivnim“ čvorom naziva se onaj čvor nad kojim je potrebno realizovati operaciju trajnog obeležavanja.

Korak 1

U prvom koraku modela zadaju se indeksi početnog r i krajnjeg s čvora na putnoj mreži, između kojih treba odrediti najkraći put. Zatim se svi čvorovi putne mreže „obeleže“ privremenim obeležjem $l_j = \infty$, $j = 1, 2, \dots, n$ i sve vrednosti u matrici $[c_j]$, $j = 1, 2, \dots, n$, gde se pamte prethodnici $[b_j]$, $j = 1, 2, \dots, n$, gde se označavaju trajno obeleženi čvorovi i postave na nulu (nema prethodnika i nema trajno obeleženih čvorova). Početni čvor A_r postaje aktivan.

Korak 2

U drugom koraku se aktivnom čvoru A_i , zada trajno obeležje $l_i = 0$ (rastojanje od A_i do njega samog jednako je nuli), a u matrici $[b_j]$ se vrednost elementa b_j zameni jedinicom, kao znakom da je čvor A_j aktivan, tj. trajno obeležen (ima tekući indeks i).

Korak 3

U trećem koraku se svim ostalim čvorovima A_j , $j \in S$, koji su vezani za čvor A_i (koji su mu susedni) zadaju privremena obeležja l_j , koja se dobijaju kao zbir obeležja čvora A_i i dužina grana do čvorova koji su mu susedni. Staro privremeno obeležje čvora zamenjuje se novim privremenim obeležjem samo u slučaju da je ono manje od prethodnog. Istovremeno se u matrici $[c_j]$, $j = 1, 2, \dots, n$, za svaki čvor kome se menja privremeno obeležje pamti indeks aktivnog čvora (i), kao prethodnika (u čvor kome se menja privremeno obeležje dolazi se najkraćim putem iz aktivnog čvora A_i).

Korak 4

Kada svi susedni čvorovi budu iscrpljeni, proverava se da li je čvor A_s bio aktivan čvor, tj. da li je $i = s$. Ukoliko je ovaj uslov ispunjen, najkraći put od A_r do A_s je pronađen i iznosi l_s i prelazi se na korak 6.

Korak 5

Ukoliko prethodni uslov nije ispunjen, tj. ako je $i \neq s$, određuje se sledeći aktivni čvor, na taj način što se iz podskupa privremeno obeleženih čvorova $\{l_j\}$ za $b_j \neq 1$, $j = 1, 2, \dots, n$, potraži onaj sa najmanjim l_j . On postaje aktivan i prelazi se na korak 2.

Korak 6

Najkraći put od A_r do A_s koji je pronađen, i iznosi l_s , izdvaja se očitavanjem indeksa u matrici prethodnika $[c_j]$. Očitavanje se vrši unazad.

Ovakav način izbora sledećeg aktivnog čvora (korak 5) obezbeđuje da u toku proračuna svaki čvor putne mreže bude aktivan samo jednom, čime se obim proračuna svodi na minimalnih $n^2/2 + 2n^2$ komparacija, što model čini veoma efikasnim i za putne mreže sa većim brojem čvorova, a posebno ako se proračun obavlja na računaru.

Primer rada „modela obeležavanja“ dat je u literaturi [12].

Najkraći put između dva zadata čvora na putnoj mreži, određen na osnovu ovog modela, vizuelno se prikazuje na putnoj mreži na ekranu, prema modelu vizuelnog prikaza putnih objekata, čvorova i deonica puta.

Model određivanja mogućnosti obilaska putnih objekata

Pri operativnom planiranju kretanja od velikog značaja za planera je podatak

da li postoji mogućnost obilaska pojedinačnog putnog objekta i kojim se najkraćim putem treba kretati da bi se posmatrani objekat zaobišao.

Problem određivanja mogućnosti obilaska putnih objekata i najkraćeg puta obilaska svodi se na problem određivanja najkraćeg puta između dva zadata čvora na putnoj mreži, čiji je model obrađen, uz određene napomene.

Karakteristike po kojima se model određivanja mogućnosti obilaska razlikuje od modela određivanja najkraćeg puta su:

- pod pojmom „dužina“ puta podrazumeva se samo rastojanje između čvorova (km);

- ne označavaju se čvorovi između kojih se računa najkraći put, već se označava putni objekat za koji se ispituje mogućnost obilaska. Na taj način se posredno označava deonica puta na kojoj se nalazi posmatrani putni objekat. Za čvorove, između kojih se određuje najkraći put, uzimaju se početni i krajnji čvor označene deonice puta;

- označena deonica puta, tj. deonica puta na kojoj se nalazi označeni putni objekat, isključuje se iz daljeg proračuna.

Uzimajući u obzir ove napomene, model omogućava da se odredi najkraći put između dva susedna čvora na putnoj mreži (početnog i krajnjeg čvora deonice puta na kojoj se nalazi označeni putni objekat), a da pri tome ne uzima u razmatranje njihovu neposrednu vezu (deonicu puta čiji su to granični čvorovi), tj. određuje se drugi najkraći put.

Ako ne postoji veza između navedenih čvorova, to znači da ne postoji ni mogućnost obilaska označenog putnog objekta. Ako postoji veza, onda se put obilaska označenog putnog objekta (najkraći put) vizuelno prikazuje na putnoj

mreži na ekranu, na isti način kao i kod modela određivanja najkraćeg puta, prema modelu vizuelnog prikaza putnih objekata, čvorova i deonica puta.

Model određivanja propusne moći putnih objekata

Pored navedenih podataka, koje treba da poseduje onaj koji planira kretanje u procesu operativnog planiranja kretanja, jedan od najznačajnijih podataka jeste i propusna moć pojedinačnih putnih objekata, kao i čitave putne mreže, a radi izbora optimalnog putnog pravca za kretanje korisnika.

Za onoga ko planira kretanje veoma je značajno ne samo da poseduje taj podatak (propusna moć putnog objekta) već i da podatak bude što pristupačniji i dostupniji, tj. da što pre može da dođe do njega u procesu planiranja.

Rešavanje ovog problema bolje dostupnosti navedenog podatka svodi se na to da postoji mogućnost otvaranja odgovarajućeg „prozora“ u samom programu, bez izlaska iz programa, koji bi nakon označavanja konkretnog putnog objekta prikazivao (ispisivao) vrednost propusne moći označenog putnog objekta [10].

Sam proračun propusne moći konkretnog putnog objekta zavisi od vrste posmatranog putnog objekta i od karakteristika tog putnog objekta koje utiču na veličinu njegove propusne moći. Propusna moć za pojedine vrste putnih objekata računa se na osnovu sledećih izraza [7]:

- za most, propust, tunel, uspon, nadvožnjak i podvožnjak:

$$PM = \frac{1000}{l_s} \cdot v_{ob} \text{ (voz/h)}$$

gde je:

v_{ob} – srednja brzina kretanja pri savlađivanju putnog objekta, (km/h);

l_s – srednji prostorni interval sleđenja između vozila u saobraćajnom toku, i iznosi: za vojnu motorizovanu kolonu je $l_s = 50$ do 100 m, a kada je ograničena mogućnost savlađivanja putnog objekta $l_s = L_{ob}$ (ne važi za propust i podvožnjak).

– za krivinu malog poluprečnika:

$$PM_k = \frac{3600}{t_m} \text{ (voz/h)}$$

gde je

t_m – potrebno vreme za savlađivanje krivine (s);

– za raskrnicu je postupak proračuna propusne moći kompleksan, zavisno od načina na koji je raskrsnica regulisana (ovlašćenim licem, svetlosnim saobraćajnim znacima, vertikalnom signalizacijom ili pravilom „desne strane“), oblika raskrsnice, broja prilaza i sl. Sam postupak proračuna propusne moći raskrsnice za različite slučajeve prikazan je i obrađen u literaturi [7];

– za deonicu puta propusna moć je jednaka vrednosti propusne moći mero-davnog putnog objekta, a to je putni objekat koji ima najmanju propusnu moć.

Sve potrebne vrednosti veličina v_{ob} , L_{ob} i t_m , neophodne za proračun propusne moći putnih objekata, uzimaju se iz baze podataka.

Model ažuriranja podataka o putnim objektima u bazi podataka

U toku operativnog planiranja kretanja potrebno je da onaj ko vrši planiranje ima neposredni i brzi pristup svim neophodnim podacima o karakteristikama i

stanju putnih objekata koji su mu potrebni.

Kao što je već rečeno, ti podaci su smešteni i čuvaju se u bazi podataka. Međutim, veoma je bitno i to da su ti podaci iz baze podataka verodostojni, tj. da odražavaju stvarno stanje o putnim objektima na terenu. To je od velikog značaja zbog toga što se određeni tipovi podataka menjaju tokom vremena.

Da bi se omogućila što veća verodostojnost postojećih podataka, potrebno je da postoji mogućnost neposrednog pristupa podacima u bazi podataka i mogućnost njihovog ažuriranja (menjanja).

Za rešavanje problema neposrednog ažuriranja podataka u bazi podataka neophodno je da postoji mogućnost otvaranja odgovarajućeg prozora u samom programu, bez izlaska iz programa. Prozor za ažuriranje podataka ne treba da sadrži sve podatke iz baze podataka, tj. ne treba da omogući pristup svim podacima o konkretnom putnom objektu, već samo one tipove podataka koji su podložni promenama tokom vremena.

Grupe podataka o putnim objektima koje je potrebno ažurirati neposrednim pristupom iz programa date su u tabeli 10.

Bliže objašnjenje o svakoj od navedenih grupa podataka pojedinačno dato je u modelu baze podataka o putnim objektima.

Zaključak

U okviru rada razmatrana je problematika uticaja putnih objekata, sa njihovim karakteristikama i stanjem, na saobraćajne mogućnosti putne mreže i planiranje kretanja učesnika u saobraćaju. Značaj ovog problema je utoliko veći ako se posmatra sa vojnog stanovišta, jer se

Tabela 10

Grupe podataka o putnim objektima koje se ažuriraju

Putni objekti	Podaci o putnim objektima		
	srednja brzina	–	–
Deonice puta	srednja brzina	–	–
Krivine malog poluprečnika	srednja brzina	vreme sa- vlađivanja	–
Mostovi	nosivost	srednja brzina	zarušenost
Nadvožnjaci	nosivost	srednja brzina	zarušenost
Podvožnjaci	srednja brzina	zarušenost	–
Propusti	nosivost	srednja brzina	zarušenost
Raskrsnice	svetlosni signal	srednja brzina	–
Tuneli	srednja brzina	zarušenost	–
Uspioni	srednja brzina	–	–

njegovim rešavanjem u ratu stvaraju povoljni uslovi za što kvalitetnije izvođenje borbenih dejstava [11].

Na osnovu razmatranja problematike predložen je model operativnog praćenja karakteristika i stanja putnih objekata sa vizuelnim prikazom, uz razradu pojedinačnih modela pomoću kojih se ovaj problem rešava. Predloženi modeli bi, uz odgovarajuću informacionu podršku, omogućili vizuelni prikaz putne mreže određenog posmatranog područja, sa mogućnošću prikazivanja pojedinih grupa putnih objekata (po izboru) i neposrednog vizuelnog prikaza podataka o karakteristikama putnih objekata, koje

su značajne za planiranje kretanja, i njihovo ažuriranje, kao i mogućnost postavljanja određenih ograničenja za putne objekte i prikaz tih objekata.

Takođe, predloženi su i matematički modeli koji omogućavaju određene proračune kao što su:

– proračun propusne moći putnih objekata;

– određivanje najkraćeg puta na mreži;

– proračun mogućnosti obilaska putnih objekata uz određivanje najkraćeg puta obilaska.

Međutim, za potpuno rešavanje problematike planiranja kretanja učesnika u saobraćaju, a pre svega vojnih učesnika, potrebno je ovaj model dalje nadograđivati i usavršavati.

Literatura:

- [1] Teodorović, D.: Transportne mreže, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1996.
- [2] Steenbrink, P.: Optimization of Transport Networks, John Wiley & Sons Ltd, London, 1974.
- [3] Petrović, R.: Specijalne metode u optimizaciji sistema, Tehnička knjiga, Beograd, 1977.
- [4] Kožin, A. P.: Matematičke metode u planiranju i upravljanju gruzovimi automobilnim prevozkami, Visišaja škola, Moskva, 1979.
- [5] Mijušković, V.: Putevi I, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1990.
- [6] Kuzović, Lj.: Teorija saobraćajnog toka, Građevinska knjiga, Beograd, 1987.
- [7] Kuzović, Lj.: Kapacitet drumskih saobraćajnica, Građevinska knjiga, Beograd, 1989.
- [8] Radišić, Z.: Višekriterijumsko vrednovanje i izbor putnih pravaca za kretanje vojne motorizovane kolone, magistarski rad, CVTŠ KoV JNA, Zagreb, 1987.
- [9] Andus, V.: Tehničar 5, Građevinska knjiga, Beograd, 1987.
- [10] Stamenković, P.: Proračun kapaciteta putne mreže, seminarski rad, VTA VJ, Beograd, 1996.
- [11] Radišić, Z.: Planiranje kretanja vojne motorizovane kolone, lekcija, CVTŠ KoV JNA, Zagreb, 1989.
- [12] Mitić, Ž.: Operativno planiranje armijskog transporta u miru, magistarski rad, CVTŠ KoV JNA, Zagreb, 1987.