**Ţeljko Petrić** UDK:04(656.1)

Internacionalni univerzitet, Stručni članak

Brčko distrikt, BiH

**Šejla Hasanović** Internacionalni univerzitet, Brčko distrikt, BiH

# MODELI RASPODJELE PUTOVANJA U SISTEMIMA JGP-A

SAŢETAK: Savremene metode planiranja saobraćaja u gradovima neraskidivo su, od samog nastanka, povezane sa primjenom računarske tehnologije. Bez upotrebe računara ne bi bilo moguće obraditi i analizirati ogromnu količinu podataka koji se prikupljaju za potrebe saobraćajnih istraţivanja. TakoĎe, razvoj i primjena različitih modela i simulacionih procesa u analizi i prognozi saobraćaja moţe se na zadovoljavajući način obaviti jedino upotrebom računara. Brţi i moćniji računari dostupni svima i jednostavnije programiranje, pospješili su razvoj različitih pristupa istim problemima koji su kao rezultat dali veliki broj alternativnih modela i postupaka koji se mogu koristiti u različitim fazama planiranja saobraćaja. Poseban značaj primjena savremene računarske tehnologije ima u oblasti razvoja i primjene modela putovanja na mreţi linija javnog gradskog prevoza – JGP-a.

Modeli raspodjele putovanja na mreţe JGP-a, kako sa teoretskog tako i sa praktičnog stanovišta, iz više razloga predstavljaju jednu od najsloţenijih formi saobraćajnih modela i kao takvi predstavljaju noviju oblast u planiranju saobraćaja. Osnovni problem kod razvoja i primjene ovih modela predstavlja adekvatna baza podataka vezanih za prostornu i vidovnu raspodjelu putovanja, kao i izbor mjerodavnog – vršnog opterećenja na osnovu kojeg se dimenzionišu prevozni kapaciteti u sistemu JGP-a. Uobičajeni postupak za prikupljanja ovih podataka sprovodi se putem obimnih anketa koje iziskuju značajna finansijska sredstva i sloţenu organizaciju.

KLJUČNE RIJEČI: planiranje, simulacini proces, model, mreţe, kapacitet, vršno opterećenje.

# Uvod

Kada su u pitanju obiljeţja putnika moţe se reći da izbor vida prevoza uglavnom (ako ne i isključivo) zavisi od dohotka, jer domaćinstva sa većim dohotkom imaju i viši stepen motorizacije (više automobila na raspolaganju) i viši stepen korišćenja automobila. U današnjim uslovima, mogućnost slobodnog izbora prevoznog sredstva nemaju sve strukture stanovništva, jer pojam slobodnog izbora podrazumeva postojanje više mogućnosti da se jedno putovanje obavi odreĎenim pravcem u ţeljeno vrijeme. Slobodan izbor odgovarajućeg vida prevoza podrazumeva najčešće posedovanje sopstvenog vozila, izvesno poznavanje sistema saobraćajnica, postojanje parkirališta u blizini polazišta i odredišta prevozne potrebe i postojanje sistema javnog prevoza na relativno bliskom rastojanju od polazišta i odredišta putovanja, poznavanje mreţe linija javnog prevoza, reda voţnje, sistema naplate prevoza i pouzdanosti intervala nailaska vozila. Ovde moţe biti i više podsistema javnog prevoza ili više linija svakog od njih, što povećava mogućnost izbora.

Da li će korisnik realizovati svoju prevoznu potrebu odreĎenim sistemom zavisi od sledećih faktora: informisanosti, pristupačnosti, ušteda u vremenu, udobnosti i pogodnosti, individualnih sklonosti i društvenog prestiţa, troškova, bezbednosti.

Korisnici prevoza ocenjuju da većoj uštedi u vremenu doprinosi kratak interval izmeĎu vozila i brzina prevoza u najopštijem smislu, naročito dostupnost sredstava putničkog prevoza. Motiv za što kraćim vremenom, najizraţeniji je kod onih koji svakodnevno putuju

od zone stanovanja do zone rada. Zahtjevi korisnika prevoza kad je u pitanju ušteda u vremenu, koju treba da ostvari odgovarajući vid prevoza, odnose se na ukupno skraćenje putovanja, koje se moţe podeliti na:

* skraćenje rastojanja koje korisnik prevoza prepešači do stanice, odnosno parkirališta;
* skraćenje vremena čekanja na stanici;
* skraćenje vremena potrebnog za prevoz;
* skraćenje vremena presjedanja i
* skraćenje vremena na kraju putovanja, računajući do cilja.

Udobnost i pogodnost prevoza značajni su faktori koji utiču na opredeljenje korisnika pri izboru načina prenosa. Udobnost kao potreba i zahtjev korisnika prevoza moţe se sagledati sa psihološkog i fiziološkog aspekta, pa će opredeljenje za odreĎeni vid prevoza zavisiti od toga kako je rešeno pitanje provetravanja, toplotna izolacija i grejanje vozila kao i pitanje ukrcavanja i iskrcavanja putnika, koji je stepen čistoće, potresa, buke i mogućnosti psihičkog stresa u vozilu, kolika je širina sedišta, da li postoji odgovarajući prostor za noge putnika koji sede, u kojoj meri je sedište prilagoĎeno telesnim karakteristikama putnika, kakva je dostupnost prevoznih sredstava, moţe li se smestiti ručni prtljag i dr. Štaviše, korisnici prevoza pridaju znatnu vaţnost i nekim faktorima iz domena organizacije prevoza: presjedanja iz vozila u vozilo, redovnost i tačnosti prevoza, način informisanja, naplate i kontrole karata i sl.

Za savremenog čoveka u velikoj meri karakteristično je nastojanje da „iskoči iz koloseka“ prosečnog, uobičajenog i svakodnevnog. Čovek se danas trudi da okolinu uveri u svoju individualnost onim što poseduje i čime se profesionalno bavi. Putnički automobil u vlasništvu i korišćenje ovog vida prevoza, još uvek su simbol društvenog prestiţa i pokazatelj materijalnog poloţaja i vaţnosti pojedinca, pruţa osećaj nezavisnosti u vremenu i prostoru, a kod pojedinca zadovoljava iskonsku ţelju da se upravlja sistemom koji se pokorava komandama, čime se stiče osaćaj moći. Prednosti individualnog prevoza onako kako ih vide korisnici moraju se imati u vidu pri proceni vaţnosti i utvrĎivanju redosleda pojedinih faktora koji utiču na izbor prevoznog sredstva. Što se tiče sredstava javnog masovnog prevoza, neke operativno-tehničke prednosti mogu formirati sklonosti korisnika prema pojedinim vidovima ovog prevoza.

Šinski prevoz po pravilu omogućuje udobnije putovanje od autobuskog koji koristi saobraćajnice sa ostalim saobraćajem. Prevoz je naročito udoban na linijama metroa i lakih šinskih sistema čije se trase ne ukrštaju u nivou. U gusto naseljenim područjima, komercijalna brzina šinskog sistema veća je od brzine kojom se kreću putnička vozila. Korisnici prevoza bolje se snalaze na zgusnutoj mreţi metro linija nego na razgranatoj mreţi autobuskih i tramvajskih linija. Štaviše, sistem informisanja putnika moţe se pojednostaviti i učiniti razumljivijim na linijama metroa i lakih šinskih sistema. Čak i putnici koji ne koriste redovno ove linije, mogu se brzo i sa lakoćom upoznati sa mreţom linija, prevoznom uslugom i tarifnom strukturom, čime se ispunjava uslov informisanosti korisnika.

Prednosti autobuskog prevoza ogledaju se u tome što ovaj vid prevoza, zbog veće gustine i elastičnosti linija, omogućuje pristup i manjim stambenim i radnim zonama. Pravac autobuske linije moţe se lako izmeniti i na taj način izbeći zastoj nastao u saobraćaju. U vozilu je, najzad vozač kome se putnici mogu obratiti za potrebnu informaciju.

Sa stanovišta korisnika, prevozna alternativa za isključivo korišćenje putničkog automobila kao vida prevoza je tzv. „Park and Ride“ sistem, kombinovano korišćenje automobila i metroa ili lakog šinskog sistema, naročito u slučajevima kada je putovanje prema centru ili gusto naseljenom gradskom području neophodno obaviti u vršnom satu. Tada se sopstvenim vozilom (umesto peške) doĎe do najpogodnije stanice masovnog prevoza i tu izvrši presjedanje.

Novi vidovi javnog masovnog prevoza („kabinska ţeleznica“), mogu se po ostvarenoj brzini, udobnosti putovanja i sistemu za obaveštavanje putnika meriti sa učinkom metroa ili lakog šinskog sistema. Automatizacijom sistema javnog prevoza postiţu se kratki intervali izmeĎu vozila čak i vanvršnih perioda tako da se prevoz moţe koristiti stalnim ritmom u toku čitavog dana. Ovi sistemi imaju znatno manji kapacitet i teško se mogu formirati sloţene mreţe linija tako da nisu ozbiljni konkurenti postojećim klasičnim sistemima.

Kodiranje mreţe JGP-a mnogo je sloţenije nego što je to slučaj kod uličnih i putnih mreţa. Opterećenje mreţe najčešće se izraţava u broju putnika / sat, a za kapacitet dionice se uzima kapacitet podsistema JGP-a na toj dionici. Najvaţniji elemenat prilikom raspodjele putovanja (opterećivanje) je utvrĎivanje impedanse (otpora) svake moguće putanje izmeĎu para zona (izvora i cilja) pomoću mnogobrojnih pokazatelja. Generalno pravilo je da od ukupnih transportnih zahtjeva, manji otpor putanje omogućava privlačenje većeg broja putovanja na sebe. Za razliku od putovanja putničkim automobilom, kod putovanja JGP-a postoji još jedan pokazatelj koji komplikuje izračunavanje otpora, a to je mogućnost presjedanja kako sa linije na liniju, tako i sa transportnog podsistema na transportni podsistem. Zbog velikog broja pokazetalja koji utiču na odabir putanje, oni se dele na pet kategorija: vremenski pokazatelji, duţinski pokazatelji, pokazatelji učestanosti, pokazatelji troškova, izvedeni pokazatelji.

# Vremenski pokazatelji

U nastavku će se definisati svi vremenski pokazatelji čije su jedinice mere izraţene u minutama (Tabela 1).

Tabela br.1: Vremenski pokazatelji [min]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Oznaka | Pokazatelj | Opis |
| AT | Vrijeme pristupa | Vrijeme pešačenja od izvorne adrese do početnog stajališta |
| ET | Vrijeme izlaza | Vrijeme pešačenja od krajnjeg stajališta do ciljne adrese |
| OWT | Vrijeme čekanja | Vrijeme čekanja na polaznom stajalištu |
| TWT | Vrijeme presjedanja | Vrijeme čekanja na presjedačkom |
|  | Vrijeme voţnjeu vozilu | Vrijeme voţnje u vozilima JGP uključujući tu i vrijemezadrţavanja vozila na stajalištima |
| TS | Vrijeme voţnje upodsistemu | Vrijeme voţnje u vozilima JGP-a u zavisnosti odtransportnog podsistema( npr.: autobusima) |
| WT | Vrijeme pešačenjana presjedanju | Vrijeme pešačenja u slučaju presjedanja |
| JT | Vrijeme putovanja | Ukupno vrijeme putovanja od izvorne do ciljne adrese |
| RT | Vrijeme voţnje | Ukupno vrijeme putovanja od početnog do krajnjeg stajališta |
| PJT | Doţivljeno vrijeme putovanja | Doţivljeno ukupno vrijeme putovanja od izvorne do ciljne adrese |

Pri tome, vaţe sljedeći obrasci:

JT = AT+OWT+IVT+TWT+WT+ET RT = IVT+TWT+WT

PJT = ƒ(AT, ET, OWT, TWT, RT, WT)

# Duţinski pokazatelji

U nastavku će se definisati svi duţinski pokazatelji čije su jedinice mere izraţene u metrima (Tabela 2).

Tabela br. 2: Duţinski pokazatelji [m]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Oznaka | Pokazatelj | Opis |
| AD | Duţina pristupa | Duţina pešačenja od izvorne adrese do početnog stajališta |
| ED | Duţina izlaza | Duţina pešačenja od krajnjeg stajališta do ciljne adrese |
| IVD | Duţina voţnje uvozilima | Duţina voţnje u vozilima |
| DS | Duţina voţnje upodsistemu | Duţina voţnje u vozilima JGP-a u zavisnosti odtransportnog podsistema( npr.: autobusima) |
| WD | Duţina pešačenjana presjedanju | Vrijeme pešačenja u slučaju presjedanja |
| JD | Duţina putovanja | Ukupna duţina putovanja od izvorne stanice do ciljneadrese |
| RD | Duţina voţnje | Ukupna duţina putovanja od početnog do krajnjeg stajališta |
| DD | Direktna duţina | Direktno rastojanje izmeĎu izvorne i ciljne adrese |

Pri tome, vaţe sledeći obrasci:

JD = AD+IVD+WD+ED RD = IVD+WD

# Pokazatelj učestanosti

U nastavku će se definisati svi pokazatelji učestanosti (Tabela 3).

Tabela br. 3: Pokazatelji učestanosti

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Oznaka | Pokazatelj | Opis |
| NT | Broj presjedanja | Broj presjedanja |
| SF | Broj mogućihputovanja | Broj mogućih putovanja izmeĎu dvije zone(broj polazaka/vremenski interval) |

# Pokazatelj troškova

U nastavku će se definisati svi pokazatelji troškova koji se izraţavaju u novčanim jedinicama (Tabela 4).

Tabela br.4: Pokazatelji troškovi [novčana jedinica]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Oznaka | Pokazatelj | Opis |
| FA | Cena putovanja | Cena jednog putovanja od izvorne do ciljne zone |

# Izvedeni pokazatelji

U nastavku će se definisati izvedeni pokazatelji koji se dobijaju kao rezultat

kombinacije svih prethodno navedenih pokazatelja (Tabela 5).

Tabela br. 5: Izvedeni pokazatelji

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Oznaka | Pokazatelj | Opis |
| IMP | Funkcija otpora | Otpor putanje |
| JV | Brzina putovanja | Brzina putovanja izmeĎu izvorne i ciljne zone |
| DV | Direktna brzina | Brzina putovanja u slučaju kretanja i direktnimrastojanjem |
| PS | Procenat voţnje po transportnom podsistemu | Procenat korišćenja pojedinog transportnog podsistemau zavisnosti od rastojanja koje se sa njim prelazi prilikom putovanja |

Na osnovu svega rečenog, moţe se zaključiti da se modeli raspodjele putovanja na mreţama JGP-a koriste da bi se dobili sledeći podaci:

* podaci o broju putnika: broj putnika na liniji, broj putnika na dionici, broj putnika koji ulaze u vozila JGP-a, broj presjedanja ili broj putnika na stajalištu itd.;
* podaci o sistemu JGP-a: ukupno vrijeme putovanja na sistemu, ukupan broj presjedanja, ukupan transportni rad i ukupno transportno vrijeme na sistemu, itd.;
* podaci o redu voţnje: podaci o polascima i dolascima svakog individualnog putovanja na sistemu, itd.

# Metod zasnovan na principima transportnog sistema

Metod zasnovan na principima transportnog sistema (*transport system-based procedure*) koristi princip „sve ili ništa“ prilagoĎen javnom prevozu putnika na taj način što putnici biraju najbrţu putanju bez uzimanja u obzir reda voţnje i trase linija. U obzir se uzima samo vrsta transportnog sistema na nekoj dionici, jer on direktno utiče na brzinu putovanja. Rezultat omogućava uvid u strukturu prevoznih zahtjeva, što je idealno za planerske svrhe („idealna mreţa linija“). Ovom metodu kao ulazni podaci nisu potrebni redovi voţnje ili mreţa linija, što znači da osnovna mreţa moţe sadrţati samo: sve puteve i ţelezničke pruge u mreţi ili samo one dionice koje opsluţuju linije javnog prevoza.

Zbog toga što se individualne linije ne uzimaju u obzir na mestima presjedanja nije potrebno definisati presjedačko vrijeme na stajalištima na kojima se presjeda, ali je moguće uključiti vrijeme presjedanja izmeĎu različitih transportnih sistema (npr. izmeĎu autobusa i voza). Naravno, ovaj metod ima najviše smisla u slučaju ako u sistemu JGP-a postoje različiti transportni sistemi.

## *Opis procedure*

Traţenje putanje sa najmanjim otporom za svaki izvor–cilj, par se sastoji u izračunavanju otpora putanje, koji se sastoji iz: vremena putovanja na dionici, presjedačkom vremenu za svaki transportni sistem, presjedačkom vremenu na specifičnim čvorovima.

Na dionicama preko kojih ide više transportnih sistema sa različitim vremenima putovanja, uzima se u obzir najkraće vrijeme putovanja. Ukupni prevozni zahtjevi izmeĎu para izvorno ciljne zone, sabiraju se samo na jednu putanju koja ima najmanji otpor.

# Metod zasnovan na principima linija JGP-a

Metod zasnovan na principima linija JGP-a (line-based procedure) idealan je za gradske mreţe sa kratkim intervalima na linijama, gde koordinacija izmeĎu polazaka u redu voţnje i nije toliko bitna. On omogućava dobijanje podatka o vremenima čekanja putnika prilikom presjedanja na presjedačkim stajalištima u zavisnosti od intervala na liniji na koju se presjeda. Njegova najveća prednost je što omogućava kratko računarsko vrijeme čak i za velike mreţe. Ovaj metod sastoji se iz tri koraka: traţenja putanja, izbora putanja, raspodjele na putanje.

## *Traženje putanja*

Ovim korakom traţe se sve moguće putanje izmeĎu dvije saobraćajne zone, pri čemu one ne predstavljaju putanju već samo rutu, zato što ovaj korak ne uzima u obzir red voţnje.

IMP = IVT+TWT x Facl+NT x Facl gdje su:

IMP – Otpor putanje,

IVT – Vrijeme voţnje u vozilima JGP uključujući i vrijeme zadrţavanja vozila na stajalištima,

TWT – Vrijeme čekanja na presjedaĉkom stajalištu (50 % od prosečnog intervala na liniji na koju se presjeda),

NT – Broj presjedanja,

Fac1, Fac2 – Podešavajući faktori.

Za različite podešavajuće faktore Fac1i Fac2 mogu se izračunavati i različite putanje.

Svaka putanja izmeĎu dvije saobraćajne zone moţe da sadrţi „n“ potputanja. Svaka potputanja se opisuje kao dio putanje pri čemu je to dio koji se odnosi na pješačenje ili na dio koji ne zahtjeva presjedanje. Prva i poslednja potputanja uvek su konektori (Tabela 6).

Tabela br. 6: Primjer mogućih potputanja

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Podputanja | Izvorni čvor | Ciljni čvor | Linija |
| 1 | Zona „I“ | Polazno stajalište | Konektor |
| 2 | Polazno stajalište | Presjedačko stajalište | Linija A |
| ... | Presjedačko stajalište | Presjedačko stajalište | Linija B |
| n-1 | Presjedačko stajalište | Završno stajalište | Linija C |
| n | Završno stajalište | Zona „J“ | Konektor |

Da bi se uzele u obzir i druge linije, kao npr. paralelne linije, procedura traţenja putanja ispituje za svaku dionicu da li ima neka druga alternativna linija koja opsluţuje tu dionicu bez presjedanja. Za svaku takvu naĎenu alternativnu liniju, procedura generiše novu potputanju. Tako npr. novo kreirana putanja moţe imati ista presjedačka stajališta kao i stara, pri čemu se moţe odvijati drugim linijama (Slika 1). Sve ovako generisane putanje u proceduri traţenja putanja uzimaju se u obzir u sledećem koraku izbora putanja.



Slika br. 1. Kombinacija mogućih potputanja izmeĎu Stajališta 1 i Stajališta 2

## *Izbor putanje*

Ovim korakom meĎusobno se uporeĎuju sve putanje koje su generisane u prvom koraku, pri čemu se brišu sve one koje imaju ekstremno neatraktivne putanje. Tako će na primjer putanja biti obrisana ako je:

* otpor putanje otpora putanje najkraće putanje x faktor + konstanta, ili
* broj presjedanja na putanji minimalnog broja presjedanja + konstanta. Otpor putanje računa se pomoću parametara opisanih u sledećem koraku.

## *Raspodjela na putanje*

Ovim korakom, uz pomoć funkcije otpora, porede se izabrane putanje iz prethodnog koraka i njima se pridodaju putovanja iz izvorno ciljne (IC) matrice. Izračunavanje otpora prilikom izbora putanje:

IMP = PJT x Facl+FA x Fac2 gde su:

IMP – Otpor putanje,

PJT – Doţivljeno ukupno vrijeme putovanja od izvorne do ciljne adrese, FA – Cena jednog putovanja od izvorne do ciljne zone,

Fac1, Fac2 – Podešavajući faktori.

Ovdje treba dodati da srednje vrijeme čekanja na polaznom stajalištu i srednje vrijeme čekanja prilikom presjedanja putnika, zavise od intervala slijeĎenja na liniji JGP-a (mHead) na koju putnici ulaze na polaznom stajalištu i stajalištu na kojem presjedaju:

1. srednje vrijeme čekanja na polaznom stajalištu=A x (mHead)E,
2. srednje vrijeme čekanja na presjedačkom stajalištu=A x (mHead)E
	* Sa A=0,5 i E=1, vrijeme čekanja će biti aproksimirano sa polovinom intervala

slijeĎenja,

* + Sa A=1,5 i E=0,5 dobija se funkcija kvadratnog korena koja bolje aproksimira vrijeme čekanja na polaznom stajalištu u slučaju kada su dugački intervali slijeĎenja izmeĎu vozila i kada putnici bolje poznaju red voţnje. Za vrijeme čekanja na presjedačkom stajalištu ove vrijednosti bolje aproksimiraju situaciju kada postoji koordinacija izmeĎu redova voţnje za linije koje imaju dugačke intervale slijeĎenja.

Raspodjela prevoznih zahtjeva na različite putanje zavisi od otpora samih putanja i računa se uz pomoć jednog od modela raspodjele putovanja. Pri tome, parametar opisuje osjetljivost putnika prema povećanju otpora na putanji na taj način što velika vrijednost ovog faktora znači da će se putanja sa malim otporom mnogo više koristiti nego ona sa velikim.

## *Metod zasnovan na principima reda vožnje*

Metod zasnovan na principima reda voţnje (*timetable-based procedure*) idealan je za prigradske i ţelezničke mreţe, jer u obzir uzima egzaktne redove voţnji, gde su intervali izmeĎu polazaka veliki i gdje je koordinacija izmeĎu polazaka vrlo vaţna. Postoji tri tipa ove metode i to: Princip reda voţnje 1; Princip reda voţnje 2; Princip reda voţnje 3.

Prve dvije zasnovane su na istom algoritmu traţenja konekcije izmeĎu linija, ali sa različitim pristupom distribucije prevoznih zahtjeva za vrijeme presjedanja. Treća ima potpuno drugačiji pristup koji omogućava veliki broj alternativa. Mana ovog modela je što zahtjeva mnogo više računarskog vremena u odnosu na metod zasnovan na principima linija JGP-a, a i unos podataka je mnogo zahtjevniji, jer se prilikom unosa zahtjeva precizno vrijeme svakog polaska i dolaska na mreţi. MeĎutim, sa druge strane, kao izlaz dobijaju se vrlo precizni rezultati svakog parametra.

## *Princip reda vožnje 1*

Kod ove procedure metod pronalaţenja najbolje putanje zasnovan je naročito na vremenima polaska i vremenima dolaska. Za različita vremena polaska, mogu se izračunati i različite najbolje konekcije izmeĎu dvije saobraćajne zone, koje mogu biti različite u zavisnosti od linija JGP-a ili / i različitih presjedačkih stajališta, koje se mogu koristiti. U nekim slučajevima moguće je ostvariti nekoliko različitih konekcija u toku analiziranog perioda koje se meĎusobno uporeĎuju uz pomoć funkcije otpora koja raste pri svakom presjedanju kroz faktor presjedanja. Nizak faktor presjedanja favorizuje konekcije sa što kraćim vremenom putovanja, dok visok faktor presjedanja daje prednost konekcijama sa malim brojem presjedanja. Ova procedura podrazumeva da putnici nisu baš upoznati sa redom voţnje i da do svog polaznog stajališta manje više dolaze slučajno. Pošto putnik doĎe do polaznog stajališta, on koristi prvu konekciju koja mu je u ponudi ne uzimajući u obzir ni jednu drugu iako bi ona druga moţda bila i brţa.

Traţenje konekcija počinje od traţenja svih mogućih vremena polazaka za putovanje od izvorne saobraćajne zone „i“. Vrijeme polaska zavisi od vremena polaska vozila JGP-a na linijama koje opsluţuju stajalište, a koje je povezano preko konektora sa saobraćajnom zonom

„i“. Za svako vrijeme polaska postupak traţenja konekcija traţi „najbolje“ putanje iz saobraćajne zone „i“ ka saobraćajnoj zoni „j“. Ovaj postupak pronalazi putanje sa najmanjim otporom kao „najbolje“ putanje. Otpor putanje meri se u minutama na sledeći način:

IMP = JT+NT x Fac

gdje su:

IMP – Otpor putanje,

JT – Ukupno vrijeme putovanja od izvorne do ciljne adrese, NT – Broj presjedanja,

Fac – Podešavajući faktor (faktor presjedanja).

Putanja sa najmanjim otporom reprezentuje konekciju zato što su poznati podaci o tačnom vremenu polaska i dolaska na polazno stajalište, kao i podaci o presjedačkim i krajnjem stajalištu. Ova procedura izračunava i uporeĎuje sve konekcije po redosledu kako bi se identifikovale i obrisale one koje su manje atraktivne. Samo povoljne konekcije izdvajaju se i koriste u sledećem koraku, a one nepovoljne se izbacuju prema sljedećim pravilima:

* ako je : JT > minJT x Fac+C ili
* ako je : NT >minNt +C

Faktori (Fac) i konstante (C) odreĎuju se od strane korisnika.

Svaka tekuća konekcija puni se putnicima koji dolaze na stajalište izmeĎu vremena polaska prethodne konekcije i tekuće konekcije. Broj putnika i njihovo vrijeme dolaska na polazno stajalište dati su u matrici prevoznih zahtjeva i vremenskoj distribuciji putnika.

## *Princip reda vožnje 2*

Kod ove procedure sve je isto kao kod procedure „Princip reda voţnje1“, osim što ova procedura podrazumeva da putnici imaju znanje o redu voţnje. Putnici sami biraju konekciju kojom će putovati, a izbor se zasniva na osnovu pokazatelja za svaku konekciju koji zavise

prvenstveno od vremena polaska. Tako npr. sporija konekcija će verovatno biti atraktivnija za studente koji moraju biti na nastavi u 8:00 (npr. polazak je u 7:00, a dolazak u 7:45, što znači da konekcija traje 45 min), u odnosu na brţu konekciju koja traje 30 minuta, ali je polazak u 8:00, a dolazak u 8:30. Ovo utiče na to da je način traţenja i izbora konekcije identičan kao kod procedure „Princip reda voţnje1“, a razlika se jedino ogleda u načinu raspodjele prevoznih zahtjeva na konekcije.

## *Princip reda vožnje 3*

Ovaj metod zasniva se na tzv. Branch&Bound algoritmu. On pretpostavlja da putnici posjeduju red voţnje i da ulaze u sistem JGP-a uzimajući u obzir samo polaske linija na polaznom stajalištu. Za svako izvorno ciljno putovanje ne traţi se samo najbolja konekcija već se traţi nekoliko mogućih konekcija. Pri tome, izračunava se otpor svake konekcije pomoću kojeg se pravi njihov meĎusobni raspored. Izračunavanje otpora prilikom traţenja svake konekcije vrši se na sljedeći način:

IMP = JT x Facl+NT x Fac2 x TSyslIMP x Fac3 gde su:

IMP – Otpor konekcije,

JT – Ukupno vrijeme putovanja od izvorne do ciljne adrese, NT – Broj presjedanja,

TSysIMP – Otpor transportnog sistema (npr.: tarifa, komfor), Fac1, Fac2, Fac3 – Podešavajući faktori.

Pri tome, nova naĎena konekcija će biti obrisana u sljedećim slučajevima: ako je: IMP > minIMP x Fac+C, ili

ako je: JT > minJT x Fac + C, ili ako je NT > minNT + C

Ova pravila omogućavaju da se odreĎene konekcije eleminišu i za vrijeme trajanja samog procesa traţenja konekcija. TakoĎe, moguće je specificirati gornji limit za broj presjedanja u jednoj konekciji.

# 9. Zaključna razmatranja

U ovom radu došlo se do nekoliko zaključaka koji se odnose na modele putovanja javnim gradskim prevozom, a pre svega na modele raspodjele putovanja na mreţama JGP-a koji se koriste da bi se dobili sledeći podaci, a to su:

* Podaci o broju putnika: broj putnika na liniji, broj putnika na dionici, broj putnika koji ulaze u vozila JGP-a, broj presjedanja ili broj putnika na stajalištu itd.
* Podaci o sistemu JGP-a: ukupno vreme putovanja na sistemu, ukupan broj presjedanja, ukupan transportni rad i ukupno transportno vreme na sistemu, itd.
* Podaci o redu voţnje: podaci o polascima i dolascima svakog individualnog putovanja

na sistemu, itd.

Pri tome, detaljnije su razmatrani modeli koji su prvenstveno namenjeni opterećivanju mreţa JGP-a i to: Metod zasnovan na principima transportnog sistema, Metod zasnovan na principima linija JGP-a i Metod zasnovan na principima reda voţnje.

Model raspodjele putovanja u javnom prevozu koji je zasnovan na principu linija JGP- a, ima sljedeće karakteristike:

* Model uzima u obzir nekoliko putanja sa malim otporom gde se vreme čekanja na stajalištu prilikom presjedanja sa linije na liniju grubo izračunava preko prosečnog intervala polazaka na linijama.
* Koordinacija polazaka u redu voţnje ne uzima se u obzir.
* Broj presjedanja, vreme putovanja i vreme voţnje mogu se izračunati sa velikom

tačnošću, ako sve linije imaju mali interval polazaka.

* Za većinu mreţa javnog gradskog prevoza, potrebno računarsko vreme za ovu metodu mnogo je kraće od vremena potrebnog za metode zasnovane na principima reda voţnje. Ovo je naročito izraţeno za mreţe koje imaju konstantne intervale izmeĎu polazaka na linijama. U mreţama koje imaju puno linija sa po jednim polaskom, vreme uštede je malo.
* Uzimajući u obzir da se prosečno vreme čekanja na polaznom stajalištu i prosečno vreme čekanja prilikom presjedanja izračunavaju preko prosečnog intervala polazaka na linijama, procedura omogućava dobijanje prosečnih rezultata samo u slučaju da je red voţnje takav da na linijama nema jednog polaska već da ih ima više, a još bolje sa fiksnim intervalima.
* Zbog toga što ova metoda ne uzima u obzir koordinaciju izmeĎu polazaka po redu voţnje, ova metoda je dobra za javni prevoz u gradskim sredinama gde najčešće egzistira intervalski red voţnje. Iz istog razloga dobra je i za uporeĎivanje dva scenarija: prvog koji reprezentuje postojeće stanje sa redom voţnji koji je ovog trenutka u upotrebi i koji je poznat, sa drugim scenarijom, gde red voţnje još uvek nije poznat.
* Ova metoda nije pogodna za prigradske sredine i za prevoze koji se odvijaju na velikim daljinama, jer se oni obično odvijaju sa dugačkim intervalima gde su bitna uklapanja izmeĎu polazaka.

Model raspodjele putovanja u javnom prevozu koji je zasnovan na Principu reda

voţnje 3, ima sljedeće karakteristike:

* Model izračunava sve moguće konekcije u izabranom vremenskom periodu.
* Traţenje konekcija uslovljeno je vrijednostima otpora konekcije,
* Vreme čekanja prilikom presjedanja, kao i koordinacija izmeĎu polazaka u redu

voţnje, uzima se u obzir.

* Svi parametri mogu se izračunati i u toku samog postupka traţenja konekcija.
* Moguće je istovremeno traţiti konekciju sa najkraćim vremenom putovanja ili

konekciju sa najmanjim brojem presjedanja.

* Prikazani model raspodjele putovanja realistično dočarava ponašanje putnika u JGP-u zato što putnici obično imaju neke informacije o redu voţnje i tada donose odluku o tome koju će konekciju izabrati.
* Ova procedura pogodna je kada se ţeli analizirati neki vremenski period (ceo dan ili nekoliko sati).

Model raspodjele putovanja u javnom prevozu koji je zasnovan na Principu reda

voţnje 2, ima sljedeće karakteristike:

* Model izračunava „najbolje“ konekcije za sva moguća vremena polazaka u izabranom

vremenskom periodu.

* Vreme čekanja prilikom presjedanja, kao i koordinacija izmeĎu polazaka u redu voţnje, uzima se u obzir.
* Svi parametri mogu se izračunati u izabranom vremenskom periodu.
* Nije moguće istovremeno izračunati konekciju sa najkraćim vremenom putovanja i

konekciju sa najmanjim brojem presjedanja.

* Prikazani model raspodjele putovanja realističnije dočarava ponašanje putnika u JGP- u u odnosu na model raspodjele putovanja zasnovanog na Principu reda voţnje 1. Obično putnici imaju neke informacije o redu voţnje pre polaska i tada donose odluku o tome koju će konekciju izabrati od ponuĎenih. Kod modela raspodjele putovanja zasnovanog na Principu reda voţnje 1, putnici dolaze na stajalište slučajno i nemaju nikakvu predstavu o redu voţnje.

LITERATURA

Banković, R. (1982). *Javni gradski putnički prevoz*. Beograd: Nučna knjiga.

Banković, R. (1984). *Planiranje gradskog javnog putničkog prevoza*. Beograd: GraĎevinska knjiga. Bogdanović, R. (2002). *Ka održivom gradu*. Beograd: Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu. Jovanović, N. (1990). *Planiranje saobraćaja*. Beograd: Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu.

„OPIUM“ – Operational Project for Integrated Urban Management. Project funded by the European Commission under the Transport RTD Programme of the 4TH Framework Programme.

Opsenica, M. (2010). *Saobraćajni sistemi*. Niš: VŠSS.

Overgaard, R. (1971). *Planiranje saobraćaja u gradovima* (prevod).

Vračarević, R., Basarić, V. (2012) *Vidovna raspodjela putovanja: formalizacija ili strategija?*.

Sombor: TES.

Vračarević, R. (2012). *Osnove planiranja saobraćaja – skripta*. Novi Sad: FTN. Internet [[www.people.hofstra.edu]](http://www.people.hofstra.edu/)

**Ţeljko Petrić Šejla Hasanović**

***Summary***

Modern methods of urban traffic planning have been inextricably linked to the application of computer technology since its inception. Without the use of computers, it would not be possible to process and analyze the vast amount of data collected for traffic research purposes. Also, the development and application of various models and simulation processes in traffic analysis and forecasting can only be satisfactorily accomplished through the use of computers. Faster, more powerful computers accessible to everyone and simpler programming have accelerated the development of different approaches to the same problems that have resulted in a large number of alternative models and procedures that can be used at different stages of traffic planning. The application of modern computer technology is of particular importance in the field of development and application of travel models on the network of public urban transport lines – UGP.

Models of distribution of journeys to UGP networks, both from a theoretical and practical point of view, represent for many reasons one of the most complex forms of traffic models and as such represent a newer area in traffic planning. The main problem in the development and implementation of these models is an adequate database related to the spatial and visual distribution of travel, as well as the selection of the relevant – peak load on the basis of which the transport capacities in the PPP system are dimensioned. The usual process for collecting this data is through extensive surveys that require significant funding and complex organization.

*Key words*: planning, simulation process, model, networks, capacity, peak load.