

SLAVKO VESKOVIĆ*, SANJIN MILINKOVIĆ**, NENAD KOLIĆ***

SAOBRAĆAJNI MODELI U PLANIRANJU PREVOZA PUTNIKA ŽELEZNICOM

TRAFFIC MODELS IN THE PLANNING OF PASSENGER TRANSPORTATION BY RAIL

UDK: 656.2+314/316:32/34

REZIME:

Mobilnost stanovništva u velikim gradovima utiče negativno na uslove putovanja a samim tim na kvalitet života u gradu. Povećanje saobraćaja, posebno motornih vozila loše utiče na okolinu. U novijoj istoriji kretanje je podvrgnuto socijalnom i ekonomskom pritisku. Da bi javni gradski prevoz (JGP) održao svoju ulogu potrebna je politička i finansijska podrška, a iznad svega racionalne odluke i delovanja u planiranju, organizaciji i eksploataciji. Planiranje prevoza putnika železnicom je veoma složen i zahtevan proces, jer su faktori koji određuju organizaciju i razvoj gradskog (prigradskog i regionalnog) saobraćaja brojni i različiti, ali kao takav predstavlja veliki izazov za istraživače i stručnjake. Posledica je veliki broj naučnih i stručnih radova, kao i studija koji se bave ovom problematikom sa različitih aspekata.

Ključne reči: planiranje saobraćaja, javni prevoz putnika, železnica, saobraćajni modeli, organizacija saobraćaja, eksploatacija saobraćaja

SUMMARY:

The mobility of the population in large cities has a negative effect on travel conditions and, therefore, on the quality of life in the city. The increase in traffic, especially motor vehicles, has a bad effect on the environment. In recent history, the movement has been subjected to social and economic pressure. In order for public urban transport (PUT) to maintain its role, political and financial support is needed, and above all, rational decisions and actions in planning, organization and exploitation. Planning passenger transportation by rail is a very complex and demanding process, because the factors that determine the organization and development of urban (suburban and regional) traffic are numerous and different, but as such it represents a great challenge for researchers and experts. The result is a large number of scientific and professional works, as well as studies dealing with this problem from different aspects.

Key words: traffic planning, public passenger transport, railways, traffic models, traffic organization, traffic exploitation

* Prof. dr Slavko Veskočić, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305, veskos@sf.bg.ac.rs

** Prof. dr Sanjin Milinković, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305, sanjin@sf.bg.ac.rs

*** Nenad Kolić, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305, nenadkolic995@gmail.com

1. UVOD

Mobilnost stanovništva u velikim gradovima utiče negativno na uslove putovanja, a samim tim na kvalitet života u gradu. Povećanje saobraćaja, posebno motornih vozila, loše utiče na okolinu. U novijoj istoriji kretanje je podvrgnuto socijalnom i ekonomskom pritisku. Da bi javni gradski prevoz (JGP) održao svoju ulogu potrebna je politička i finansijska podrška, a iznad svega racionalne odluke i delovanja u planiranju, organizaciji i eksploataciji.

Razlozi putovanja su bezbrojni, od posla, stanovanja do rekreacije. Potreba za prevozom samim tim proističe iz interakcije društvenih i ekonomskih aktivnosti rasprostranjenih u prostoru. Različitost tih aktivnosti za posledicu ima brojne determinante prevoznih potreba. Ova raznolikost socio-ekonomskih interakcija ključna je za razumevanje veza između prostorne raspodele aktivnosti i prevoza.

Masovni prevoz putnika ubrzavao je širenje gradova jer je omogućio stanovništvu brzu i jednostavnu promenu lokacije. Za stanovnike postalo je veoma značajno gde se i u koje vreme nalazi prevozno sredstvo, a brzina kretanja tog vozila postaje indikator koji u različitim razdobljima razvoja gradova postaje uslov za napredak grada.

Do polovine XIX veka stari evropski gradovi imali su umeren rast. Kako su se zemlje industrijski razvijale tako je dolazilo do širenja gradova i industrijske zone bile su prekidane stambenim naseljima. Povremeno je širenje gradova poprimalo nekontrolisane razmere što je zahtevalo brz razvoj javnog prevoza. Rešenje je bilo u produženju ili otvaranju novih prigradskih linija.

Vremenom linije javnog prevoza putnika postaju preduge, tako da vreme putovanja traje duže od 1 h, što je neprihvatljivo za dnevne migracije. Povećanjem rastojanja rasla je cena prevoza što je dodatno opterećenje za putnika. Nova rešenja nalazila su se u poboljšanju postojećeg prevoznog sistema ili u uvođenju nekog novog sistema. Javni prevoz je nezaobilazan u rešavanju pitanja razvoja grada jer je opterećenje gradskog jezgra privatnim kolima postalo preveliko. Prednosti javnog prevoza:

- saobraćajna površina koju zauzima jedan putnik u javnog gradskom prevozu znatno je manja od površine koju zauzima jedan putnik u privatnim kolima,
- s energetskog aspekta potrošnja goriva po putniku znatno je manja u javnom gradskom prevozu nego pri korišćenju individualnog prevoznog sredstva,

- za isti ostvareni prevozni rad (putnik-kilometar - pkm) javni prevoz ekološki znatno je povoljniji od individualnog,
- javni masovni prevoz u poređenju sa individualnim prevozom predstavlja ekonomičnije rešenje,
- sa aspekta bezbednosti saobraćaja prednost se daje javnom gradskom prevozu u odnosu na individualni prevoz.

Prednosti individualnog prevoza:

- nema presedanja od izvora do cilja putovanja (direktnost putovanja),
- komfor putovanja i dr.

Putovanja u gradu motivisana su odlaskom i dolaskom sa posla, odlaskom u škole i fakultete, snabdevanjem i rekreacijom. Na kratkim rastojanjima (do 10 minuta) ova kretanja se ostvaruju pešačenjem, dok se na većim rastojanjima ostvaruju prevoznim sredstvima i to uglavnom:

- javnim prevoznim sredstvom,
- individualnim vozilom,
- taksi vozilom,
- vozilom preduzeća i institucija.

Porastom standarda, izgradnjom modernih puteva i razvojem tehnologije kojom je omogućena proizvodnja jeftinijih prevoznih sredstava, kako javnih tako i individualnih, stvoreni su preduslovi za izmenu strukture grada. U smislu prostornog širenja grada stanovništvo se odliva prema perifernim i prigradskim zonama.

Zbog toga se menja i značenje pojma grada kao kontinualno izgrađenog područja sa određenim granicama. Taj pojam se više ne prihvata, već sada grad predstavlja i područje na kojem se oko užeg gradskog dela nadovezuje i niz prigradskih i perifernih naselja, pa sada više odgovara izraz "gradska aglomeracija" ili "urbana celina".

Promena strukture grada i ovakav način razvoja uticao je na to da se smanji granica između javnog gradskog i prigradskog prevoza jer su razlozi kretanja bili isti. Većinski deo putnika predstavljaju dnevni migranti. Međutim, postoje neke tehnološke razlike (veća međustanična rastojanja, veći intervali kretanja na prigradskim linijama i dr). Zbog toga postoji opravdana težnja da se izbegne podela između javnog gradskog i prigradskog prevoza uvođenjem novih naziva, kao što su "lokalni prevoz", ili da se pod pojmom javni gradski putnički prevoz podrazumeva i prigradski prevoz.

2. PREGLED LITERATURE

Železnički putnički saobraćaj, a naročito gradski, prigradski i regionalni, predstavlja važan deo transportnog tržišta u razvijenim zemljama Evrope i sveta [1]. U Evropi 90 % putovanja železnicom i 50 % putnik-kilometara ostvari se u regionalnom i prigradskom saobraćaju. Regionalni i prigradski vozovi prevezu približan broj putnika kao svi metro sistemi u evropskim gradovima zajedno, a čak 10 puta više putnika nego vazdušni saobraćaj [2].

Planiranje prevoza putnika železnicom je veoma složen i zahtevan proces, jer su faktori koji određuju organizaciju i razvoj gradskog (prigradskog i regionalnog) saobraćaja brojni i različiti, ali kao takav predstavlja veliki izazov za istraživače i stručnjake. Posledica je veliki broj naučnih i stručnih radova, kao i studija koji se bave ovom problematikom sa različitih aspekata.

Udeo na tržištu putničkog železničkog saobraćaja drastično je smanjen u poslednjih pedeset godina i zato je bilo neophodno sprovesti odgovarajuće reforme železničkog sistema. Reforme su bile usmerene na otvaranje tržišta železničkih usluga i razvoj konkurencije u železničkom sektoru u cilju dobijanja koristi od "tržišnih snaga" i smanjenja intervencija u železničkom sektoru. Procena nivoa liberalizacije železničkog tržišta i reformi železnice važan je proces koji pokazuje u kojoj se fazi nalaze zemlje. Sinhronizacija reformskog nivoa je veoma važna za zemlje u regionu za uspostavljanje stabilnog transportnog tržišta [3]. Problemom reformi i liberalizacije železnica, posebno iz vizure putničkog saobraćaja, kao neophodnog elementa budućih planova razvoja i strategija javnog prevoza putnika, bavili su se mnogi autori sa različitih aspekata. Osnove procesa liberalizacije postavila je Evropska komisija 2007. godine donošenjem Direktive 2007/58/EC [4], a detaljnije su obradili S. Vesković i dr., sa osvrtom na primenu na mreži pruga u Srbiji. S. Milutinović [5] je ovu problematiku uključio u planiranje održivog razvoja transportnih sistema u gradovima i prigradskim zonama. G. Stojić je u svojoj doktorskoj disertaciji razmatrao problem upravljanja železničkom infrastrukturom u novonastalim uslovima [6].

Kod planiranja saobraćajnih sistema veoma je značajna analiza postojećih rešenja sa utvrđivanjem nedostataka i mogućnosti organizacionih i planskih poboljšanja [1] i [7]. Posebna pažnja se posvećuje mogućnostima i modelima vidovne preraspodele

prevoza putnika [8], sa posebnim osvrtom na "modal split" u korist železnice.

Potpuno novu dimenziju u procesu planiranja saobraćajnih sistema u gradovima i regionima [9] donelo je uvođenje Uredbe 1370 dana 23.10.2007. godine o uslugama javnog železničkog i drumskog prevoza putnika, a u vezi sa načinom finansiranja operatera u javnom gradskom, prigradskom i regionalnom saobraćaju Evropskog parlamenta i Veća [10]. Ovde je definisana metodologija obaveze javnog prevoza putnika (Public Service Obligation – PSO). Iz toga su proistekli mnogobrojni radovi i studije koji su ovu problematiku razmatrali sa različitih stanovišta [11 i 12]. Treba istaći uvođenje mogućnosti učestvovanja privatnih operatera u železničkom putničkom saobraćaju i javnog i privatnog partnerstva u železnici.

Novi pristup procesa planiranja prigradskih sistema zahteva da se definišu načini i modeli utvrđivanja kompenzacije operaterima [14]. Osnovni pristup definisan je Uredbom (EU) 2015/909. Različiti pristupi, modeli i rešenja utvrđivanja načina i visine nadoknade prikazali su autori u radovima [11, 12, 14, 16 i 17].

Strogo definisani uslovi dodeljivanja kompenzacija železničkim operaterima u javnom prevozu putnika na osnovu ugovora o PSO otvorilo je mnoga pitanja u vezi sa poslovnima balansom železničkih operatera za prevoz putnika [18] i mogućnosti pružanja adekvatnog i zahtevanog kvaliteta javne usluge prevoza putnika [19]. Posebna pažnja je posvećena definisanju metoda profitne analize železničkih operatera [20] modeliranju efikasnosti i efektivnosti železničkih operatera [18, 21, 22 i 23].

U ovom radu su definisani i analizirani najznačajniji faktori koji utiču na planiranje prevoza putnika železnicom, ali i drugim vidovima saobraćaja koji učestvuju u javnom gradskom i prigradskom prevozu putnika. Na osnovu toga su prikazane najčešće korišćene metode i modeli za planiranje i definisanje saobraćajnih sistema za prevoz putnika, a pre svega one koje utvrđuju tokove putnika matrice putovanja (IC matrica, eng. OD matrix), raspodele putnika po vidovima saobraćaja, raspodele putnika i prevoznih sredstava na mreži saobraćajnica, ako i pristupe u prognoziraju broja putnika i budućih tokova.

3. STRATEGIJE RAZVOJA PREVOZA

U tabeli 1. prikazan je istorijski razvoj sistema masovnog prevoza putnika.

Tabela 1. Pregled razvoja sistema masovnog prevoza putnika [1]

Perod/god.	Obeležje grada	Sistem prevoza	Mesto nastanka
3000. pne	Nastanak grada	Vodni sistem (reke, jezera, mora)	Venecija, London, Amsterdam, Keln
1600.	Mali radijus grada	Fijaker (vozila sa 4-8 sedišta koja vuku konji)	London
1825.	Grad se širi	Pojava železnice u Engleskoj	
1832.	Grad se širi	Tramvaj sa konjskom vučom	Njujork
1838.	Pokriveno kružno područje grada 15 km	Prigradska železnica	London
1863.	Radijus grada 8-10 km	Metro, parna vuča	London
1878.	Gradovi se počinju razvijati brže od javnog gradskog saobraćaja i gradske infrastrukture. Javni saobraćaj postaje kočnica razvoja urbanih sredina	Metro	Njujork
1879.	Grad se ubrzano širi	Tramvaj sa elektro vučom	Berlin
1882.	Grad se ubrzano širi	Trolejbus, prigradska linija	Berlin
1899.	Raste broj velikih gradova u svetu	Autobus	Velika Britanija
1912.	Masovno uvođenje autobusa u gradski prevoz	Autobus	London
1920. - 1930.	Komercijalna upotreba autobusa na dizel-motor	Autobus, uvođenje dizel-motora za pogon autobusa	Gradovi u svetu
1930.	Grad se mogao znatno širiti. Radijus grada je 15-20 km	Autobus postaje značajno prevozno sredstvo.	Gradovi u svetu
1930. - 1960.	Stagnacija prigradske železnice	Prigradska železnica	Gradovi u svetu
1947.		Trolejbus	Beograd
Sredina šezdesetih godina XX veka	Traži se poboljšanje saobraćajne prilike u gradovima i opštinama, traži se integralno planiranje i finansijska potpora države. Prevladava shvatanje da je dobro planirati milionske, a ne satelitske gradove. Buchanan u Engleskoj je ukazao na sukob između dostupnosti pomoću automobila i opterećenja okoline i tražio podelu grada na životne zone kao srednji i dugoročni put za preoblikovanje.	Autobus Trolejbus Tramvaj Metro Prigradska železnica	Engleska Gradovi u svetu
1969.		Laki šinski sistem	Brisel
1970. - 1980.	Počinje faza sporijeg rasta gradova	Uz klasične sisteme, intenzivno se razmatra uvođenje novih sistemima poput monorail-a, žičara i maglev železnice.	Gradovi u svetu
1971.	Stupio je na snagu zakon o finansiranju javnog saobraćaja. Povećana motivacija ulaganja u javni saobraćaj.	Svi sistemi masovnog prevoza	Nemačka
1978. - 1988.	Uvedeno sedam novih sistema lakog šinskog prevoza	Laki šinski sistem	SAD
1980.	Radijus grada je 30-35 km. Na kratkim rastojanjima kretanje pešice u trajanju do 10 min	Prigradska železnica	Gradovi u svetu
1985.	Razrađeni su mnogi scenariji s ciljem da se smanji negativni uticaj na okolinu.	Svi sistemi masovnog prevoza	Gradovi u svetu
1990.	Kvalitetnija usluga prevoza	Svi sistemi sa inteligentnim tehnologijama	SAD, Evropa
2000.	Poboljšanje povezanosti gradskih prostora i ekologije.	PRT (Personal Rapid Transit) - monorail sistemi	SAD, Azija, Evropa

Nova razmatranja bave se i namenom saobraćajnih površina. U određenom vremenskom periodu osnovne saobraćajnice treba nameniti samo vozilima gradskog saobraćaja. Javni gradski saobraćaj treba odvojiti od drugih snažnih tokova saobraćaja, a povezati ga sa pešačkim kretanjima. Tu se ogledaju značajne prednosti šinskih urbanih sistema.

Neprestano usavršavanje i razvoj ključna su obeležja duge tradicije gradskog saobraćaja. Međutim, neki gradovi, iz različitih razloga, nemaju kontinuitet u istraživanju i projektovanju prevoza putnika. Osnovni nedostatak takvih projekata je što nemaju strategiju razvoja javnog gradskog i prigradskog prevoza putnika, koja bi bila naslonjena na strateška opredeljenja ekonomskog razvoja i dugoročne planove grada, a pre svega na šinske sisteme. Osnovni cilj strategije je pronalazak rešenja koje će omogućiti povećanje kapaciteta postojećeg prevoznog sistema i uvođenje sistema većeg kapaciteta (npr. metro, laki šinski, tramvajski) u gradu. Takođe, tu su i očuvanje prirodne sredine, povećanje ekonomičnosti, atraktivnosti i smanjenje saobraćajnog zagušenja. Pored toga bilo bi moguće sprovesti savremeniju organizaciju prevoznika koji će poslovati ekonomičnije i racionalnije, bolje organizovati prevoz i održavati vozni park i infrastrukturu. Ova realizacija moguća je samo uz potpunu podršku grada i primenom Obaveze javnog prevoza (PSO).

Postoji više pristupa izradi studije razvoja javnog gradskog prevoza putnika. Preporuka je da se izrade studija organizuju i sprovode u sledećim fazama [24]:

1. analiza i ocena stanja javnog gradskog prevoza putnika,
2. planiranje prevozne potražnje,
3. izbor sistema prevoza,
4. planiranje ponude usluge prevoza,
5. planiranje razvoja sistema javnog gradskog prevoza putnika.

Planiranje, organizacija i realizacija javnog prevoza putnika je veoma kompleksan i složen posao koji zahteva izuzetnu disciplinovanost i stručnost u organizaciji i realizaciji, te značajna sredstva za normalno funkcionisanje. To je složen sistem sastavljen od više međusobno uslovljenih funkcija i celina, koje zahtevaju vremensku i prostornu usklađenost, usaglašen razvoj i stručno upravljanje. Cilj je zadovoljavanje potreba korisnika uz očuvanje

vitalnih gradskih funkcija omogućavanjem atraktivnog, brzog i cenom prihvatljivog javnog prevoza uz minimalna ulaganja i troškove. Pri tome se treba utvrditi model koji ne dovodi javne prevoznike u inferioran položaj, čemu u mnogome može da doprinese primena uredbe 1370 – Obaveze javne usluge (PSO).

4. DEFINISANJE, FUNKCIJA I CILJ PREVOZA PUTNIKA

Pod javnim gradskim prevozom putnika podrazumeva se prevoz putnika na gradskom i prigradskom području, koji je pod jednakim uslovima dostupan svim korisnicima.

Javni gradski prevoz putnika može biti organizovan kao linijski i van linijski. Linijski prevoz putnika prema svom načinu rada i organizaciji predstavlja specifičnu vrstu prevoza, u kome vozila cirkulišu između dve krajnje stanice po unapred utvrđenoj trasi i utvrđenom redu vožnje, zaustavljajući se pri tome na svim stajalištima na kojima putnici ulaze i izlaze iz vozila¹.

Osnovne karakteristike javnog gradskog prevoza su:

- masovnost,
- stalnost i
- intenzivnost.

Osnovna funkcija sistema javnog gradskog prevoza putnika je premeštanje putnika s jednog mesta na drugo, tj. prevoz putnika na određenom području. Javni prevoz u gradovima, naročito u velikim urbanim područjima, obavlja više prevoznika.

Na karakteristike i veličinu prevoznih zahteva utiče više faktora, a to su [24]:

- socijalna i demografska struktura stanovništva: porast broja stanovnika, životni standard, nasleđeni i stečeni modeli ponašanja, struktura stanovanja;
- faktori obima i kvaliteta prevozne ponude operatera u prevozu putnika.

Javni gradski prevoz putnika jednog grada direktno i kontinuirano utiče na stepen motorizacije stanovnika. U mnogim gradovima postoji više različitih vidova javnog prevoza: autobuski, tramvajski, metro i dr. Operateri najčešće rade nezavisno jedan od drugih, neretko i u konkurenciji.

¹ Van linijski prevoz kao ugovoreni ili dogovoreni prevoz nije predmet ovog rada.

Za funkcionisanje sistema prevoza putnika, koji je organizovan prema interesima svakog pojedinačnog operatera, karakteristična je:

- neujednačenost ponude,
- podela područja opsluživanja,
- različite cene prevoznih usluga,
- neobjedinjeni redovi vožnje,
- više paralelnih linija i sl.

U okviru prevoza putnika u javnom gradskom prevozu postoji pet posebnih kategorija putovanja [25]:

- prevoz na posao,
- prevoz u školu,
- prevoz u kupovinu,
- prevoz u rekreativno-turističke svrhe i
- prevoz zbog zdravstvenih potreba.

Razvoj i širenje gradova utiče na povećanje saobraćajnih zahteva i potreba stanovništva. Putovanja su neizbežna posledica prostornog proširenja aktivnosti i posledica naseljavanja gradskih i prigradskih područja, tekovina prostora, korišćenja površina i razvoja grada. Prevoz, kao kompleks aktivnosti, kojima se lica, teret i sama prevozna sredstva premeštaju, danas predstavlja jedan od najznačajnijih delova socijalnog života.

Porast gradskog stanovništva u poslednjih 50 godina bio je usko povezan s korišćenjem putničkih vozila. Broj putničkih vozila po jednom domaćinstvu, s ciljem zadovoljenja njegovih potreba, povećava se i u sve više naseljenim periferijama gradova. Broj individualnih motornih vozila u prevozu naglo se povećao, a često na račun drugih saobraćajnih sistema. Zagušenja zbog "neograničenog" korišćenja motornih vozila imaju u gradu negativan ekonomski uticaj na efikasnost iscrpljivanja neobnovljivih izvora i doprinose nivou buke, povećava se zagađenost vazduha. Motorna vozila još uvek zauzimaju širok prostor za parkiranje.

Proces samoodrživog razvoja je trenutno povezan sa skoro svim važnim granama socijalnog života. U suštini samoodrživi razvoj područja znači korišćenje raspoloživih izvora koji pomažu da se zadovolje sadašnje potrebe bez da se na bilo koji način ograničavaju mogućnosti budućim generacijama. Samoodrživi razvoj je moguć ukoliko se dostigne zadovoljavajuća izbalansiranost saobraćajnog sistema [5].

Osnovni preduslovi na kojima počiva politika samoodrživog razvoja područja sa izbalansiranim sistemom saobraćaja su:

1. planiranje korišćenja zemljišta,

2. restrikcija saobraćaja za privatna vozila,
3. unapređenje javnog prevoza,
4. razvoj šinskih sistema javnog prevoza putnika, koji koriste električnu energiju (naročito iz obnovljivih izvora).

Balansirani saobraćajni sistem grada i poboljšanje uslova života može se postići:

- kombinacijom konceptijski integrisanog prostornog uređenja;
- određenim restrikcijama individualnog motorizovanog saobraćaja;
- povećanjem atraktivnosti javnog prevoza, posebno uvođenjem šinskih sistema.

5. ISTRAŽIVANJE U JAVNOM PREVOZU PUTNIKA

Prevoz putnika planira se na osnovu detaljnog izučavanja brojnih faktora od kojih zavisi obim i korespondencija putničkih tokova. Osnovni od ovih faktora su [25]:

- materijalni i kulturni nivo stanovništva i njihov porast,
- razvoj privrede, a time i stvaranje novih industrijskih i poljoprivrednih rejona,
- porast stanovništva u gradskim i drugim aglomeracijama,
- izgradnja novih gradova, naseljenih mesta, radnih organizacija i dr,
- proširenje mreže banja, zona i domova odmora i rekreacije,
- razvoj turizma i međunarodnog saobraćaja.

Ovo su opšti faktori koji utiču na razvoj potreba za kretanjem stanovnika. Pri tome treba imati u vidu razvoj javnog drumskog saobraćaja (autobusi), individualnog putničkog saobraćaja (sopstveni automobili), a kakvo će mesto u strukturi saobraćajnog sistema zauzeti železnički putnički saobraćaj u planovima prevoza pre svega zavisi od karakteristika železnice, tj. od kvaliteta i obima prevoznih usluga koje ona može da pruži, a to su: brzina, komfor u vozovima i stanicama, bezbednost putovanja, redovnost i učestalost u odvijanju saobraćaja, cena prevoza, prevozna moć železnice i dr.

Osim opštih faktora koji utiču na potrebe za putovanjem, neophodno je poznavati i motive putovanja putnika u cilju utvrđivanja njihove strukture i karakteristika putničkih tokova. Već navedeni motivi putovanja pokazuju veoma izraženu stohastičnost u prevozu putnika i neravnomernost po satima i danima, po mesecima i sezonama.

Sve faktore koji utiču na potrebe za kretanjem, motive putovanja putnika, kao i karakteristike železnice i drugih prevoznika treba detaljno istražiti da bi se sačinio realan i racionalan plan prevoza putnika na železnici. Podaci za protekli period utvrđuju se iz izvornih statističkih evidencija ili zvaničnih statističkih publikacija. Ukoliko ne postoje evidencije, onda se podaci utvrđuju:

- brojanjem, tj. utvrđivanjem kvantitativnih karakteristika za odabrani uzorak,
- anketiranjem odabranog uzorka iz ukupne populacije,
- intervjuom odabranog uzorka – lica koja mogu dati dovoljno stručne i argumentovane odgovore,
- snimanjem saobraćaja.

Stavovi, mere i planovi utvrđuju se na osnovu dokumenata, literature, ankete ili intervjua kompetentnih lica.

Izbor najpovoljnije metode istraživanja treba izvršiti prema sledećim pitanjima:

1. Kakav je povod istraživanja?
2. Koji su ciljevi istraživanja?
3. Koje primarne karakteristike istraživanja trebaju obuhvatiti?
4. Koja je očekivana tačnost izlaznih karakteristika?
5. Može li se, odnosno, mora li se oslanjati na iskustva i saznanja iz prethodnih istraživanja?

Za javni gradski prevoz putnika najčešće primenjene metode su brojanje putnika preko kojih se dobijaju karakteristike kretanja putnika, kao i anketa putnika pomoću koje se dolazi do karakteristika putnika. Metode brojanja i anketiranja daju informacije o: opterećenjima na poprečnim presecima, opterećenjima linija, opterećenjima deonica, odnosno mreža, opterećenjima stajališta i podacima o izvoru i cilju putovanja. Struktura okvirnih uslova istraživanja javnog prevoza sadrži 4 grupe:

1. prostorna ograničenja: stajalište, deonica/linija, deo mreže, mreža, saobraćajni prostor,
2. obim istraživanja: puno istraživanje/delimično istraživanje (istraživanje više dana, istraživanje za određeni period), povremeno istraživanje (više dana, za određeni period),
3. tehnika istraživanja: aktivno sudelovanje putnika (usmeno propitivanje, pismeno propitivanje, kartice za brojanje) ili putnik ostaje pasivan (brojanje/posmatranje i to manuelno ili automatski, merenje i to manuelno ili automatski),
4. mesto istraživanja: stanica (stajalište), vozilo, domaćinstvo.

Generisanje prevoznih potreba, uspostavljanje i razvoj mreže linija javnog gradskog i prigradskog prevoza putnika zasniva se na definisanju osnovnih parametara urbanog prostora.

Parametri koji se najčešće koriste u analizama, istraživanjima, predviđanjima i planiranju javnog gradskog i prigradskog železničkog saobraćaja odnose se na:

- broj stanovnika grada i prigradskih zona,
- broj zaposlenih,
- broj studenata i đaka u gradskim i prigradskim aglomeracijama,
- broj autobusa u javnom drumskom gradskom i prigradskom saobraćaju,
- kvalitet prevozne usluge u javnom drumskom prigradskom saobraćaju (brzina prevoza, učestalost, komfor, pristupačnost i dr.),
- cena prevoza u javnom drumskom saobraćaju,
- stepen motorizacije,
- kvalitet prevozne usluge i cena prevoza koje može da ponudi železnica,
- mobilnost,
- nacionalni dohodak,,
- prostorna organizacija i namena površina.

Ovi parametri predstavljaju osnovu za planiranje saobraćajnog sistema grada i sistema javnog gradskog prevoza putnika. Istraživanjima je utvrđeno da postoji određeni stepen korelacije između datih parametara i da oni, na različite načine, utiču na broj putovanja javnim gradskim prevozom. U sklopu izrade opšte saobraćajne studije, za potrebe izrade Generalnog urbanističkog plana (GUP) grada, prikupljaju se navedeni parametri i predviđaju za ciljnu godinu, srednjoročni i dugoročni plan. Podaci su potrebni za definisanje i opterećenje koridora za javni prevoz putnika, kao i za opredeljenje za poboljšanje postojećeg ili izgradnju novog saobraćajnog sistema.

Socijalno-ekonomski pokazatelji

Prvu grupu podataka čine demografski i ekonomski podaci. Najvažniji demografski parametri su broj stanovnika i domaćinstava. Ovi podaci se daju na nivou saobraćajne zone i oni su osnova za izražavanje izvora putovanja koja su jednim krajem vezana za mesto stanovanja, a čine preko 80 % svih putovanja u gradskom i prigradskom saobraćaju. Najpouzdaniji izvor ovih podataka je popis stanovništva, a u godinama između popisa podaci statističkih zavoda (npr. Republički zavod za statistiku Srbije).

U grupi ekonomskih podataka, najveći značaj imaju: ukupan broj zaposlenih po zonama rada, broj zaposlenih po zonama stanovanja, stepen motorizacije i dohodak po domaćinstvu. Ovi parametri direktno utiču na intenzitet i način putovanja na relaciji mesto stanovanja – posao i obratno. To je od velikog značaja zbog veoma izražene časovne neravnomernosti tokova putnika u periodima vršnog opterećenja. Podaci o broju zaposlenih po zonama stanovanja i dohotku domaćinstva dobija se anketom, a broj zaposlenih po zonama rada iz periodičnih statističkih izveštaja preduzeća ili anketom.

Broj stanovnika predstavlja osnovni parametar za izračunavanje broja generisanih putovanja određenog područja, kao i broja privlačenja ili atrakcija. Da bi se odredila IC matrica putovanja na određenom prostoru i vidovna raspodela potrebno je poznavati i druge karakteristike stanovništva:

- struktura stanovništva po starosti, polu i aktivnostima,
- broj domaćinstava, njihov sastav i broj zaposlenih, studenata i đaka,
- broj stambenih jedinica i veličina,
- gustina naseljenosti i prostorna distribucija stanovništva po zonama.

Zaposlenost je jedan od osnovnih parametara razvoja grada i planiranja saobraćajnog sistema. Broj zaposlenih i broj radnih mesta, po pojedinim delovima grada, utiče na nastajanje, privlačenje i broj putovanja, posebno u vreme vršnih opterećenja (jutarnji i popodnevni sati). Distribucija radnih mesta u prostoru u ciljnoj godini i u određenim vremenskim presecima predstavlja bitan parametar za izbor i dimenzionisanje kapaciteta prevoznih sistema. Standardno se obrađuju sledeći parametri:

- broj stanovnika u proteklih 20 godina i utvrđuju se sezonske, privremene i trajne migracije,
- učestvovanje ekonomski aktivnog stanovništva i daje se ocena radnog potencijala u odnosu na polnu i starosnu strukturu,
- zaposlenost stanovništva po sektorima u istorijskim vremenskim presecima,
- kvalifikaciona struktura stanovništva, stepen obrazovanja i promene posla u datom periodu.

Pokazatelji ekonomskog i socijalnog položaja stanovništva analiziraju se poređenjem podataka iz privrede sa pokazateljima stanovništva, najčešće svođenjem efekata po glavi stanovnika ili po

domaćinstvu. Najčešće se radi o sledećim pokazateljima [25]:

- bruto društveni proizvod (BDP),
- BDP (GDP) per capita,
- ukupan dohodak domaćinstva,
- ušteđevine građana,
- stepen motorizacije,
- površina stambenog prostora po porodici,
- promet maloprodaje.

Standard stanovništva je socioekonomski parametar koji utiče na broj putovanja i izražava se nacionalnim dohotkom u din/godišnje po jednom stanovniku. Poseban uticaj je kod kretanja koja nisu u vezi sa poslom. Do određenog nivoa dohotka broj putovanja ne povećava se s povećanjem dohotka zbog toga što stanovništvo troši sredstva na podmirenje elementarnih potreba. Preko toga nivoa povećanje dohotka znatnije utiče na povećanje broja putovanja jer stanovništvo povećava broj kretanja u svrhe kupovine, rekreacije itd. Treba voditi računa o činjenici da se dohodak po stanovniku razlikuje po pojedinim područjima države i gradovima.

Stepen motorizacije izražava se brojem sopstvenih automobila na 1.000 stanovnika. Stepem motorizacije zavisi od nacionalnog dohotka, a moguće je da s porastom dohotka stepen motorizacije raste istom brzinom, brže ili sporije. Kod većeg dohotka stepen motorizacije raste istom brzinom ili brže od rasta dohotka, a u zemljama sa manjim dohotkom stepen motorizacije najčešće raste sporije od porasta dohotka. Stepem motorizacije utiče na mobilnost stanovništva i izbor vida prevoza. Porastom stepena mobilizacije smanjuje se broj putnika u javnom gradskom prevozu. Prognoza stepena (S_m) motorizacije vrši se pri izradi opšte saobraćajne studije za izradu generalnog urbanističkog plana (GUP) pomoću više metoda, a najčešće se koristi Gompertzova kriva [26]:

$$S_m = k - a^{bx}$$

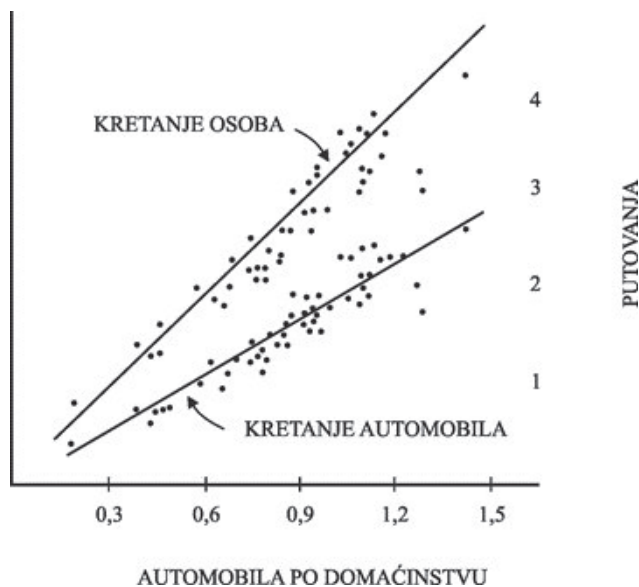
gde su:

x - godina za koju se vrši prognoza

$x = 0$ za prvu godinu

k , a i b - konstante

Mnoga istraživanja i studije potvrdile su značenje posedovanja automobila za broj putovanja i vrstu upotrebljenog prevoznog sredstva. Istraživanja u SAD pokazala su da pojedini članovi porodice bez automobila ostvaruju nešto manje od jednog putovanja dnevno, članovi sa jednim automobilom oko dva putovanja, a oni s dva i više automobila tri do četiri putovanja (slika 1).



Slika 1: Putovanja po porodici s obzirom na posedovanje automobila [25]

Povećanje posedovanja vozila utiče na porast putovanja na kraće udaljenosti i do odredišta koja nisu u vezi sa mestom rada. Gde je stepen motorizacije nizak, ona se pretežno koriste za odlazak na posao.

Pojam mobilnosti, sa aspekta saobraćaja, predstavlja učestalost promena mesta (posledica promene aktivnosti), po jednoj osobi u određenom periodu (dan). Mobilnost se može definisati i kao broj putovanja po jednom stanovniku u određenom vremenskom periodu:

$$m = \frac{P}{N} - \text{putovanja osoba po danu}$$

Saobraćajna mobilnost uslovljava savladavanje rastojanja koja se u određenom periodu prelaze i može se izraziti kao:

- stepen mobilnosti - broj putovanja po osobi i danu (može da se odnosi na sve osobe jednog prostora, samo mobilne osobe određenog prostora i osobe prema njihovoj pripadnosti definisanoj grupi određenog prostora),
- rastojanje mobilnosti - broj pređenih kilometara po osobi i vremenskoj jedinici,
- vreme mobilnosti - broj sati u putovanju po osobi i vremenskoj jedinici.

Prostor na kojem se mobilnost može posmatrati deli se na: ukupni prostor područja, gradska jezgra, periferna područja i zemljišne zone. Mobilnost stanovništva zavisi od niza faktora: broja stanovnika, broja zaposlenih, saobraćajne mreže, dohotka po stanovniku, politike razvoja saobraćaja, starosti,

dana u nedelji, meseca u godini itd. Mobilnost nije konstanta, već jedna vremenski promenljiva veličina. O ovome treba voditi računa kod prognoza, pri čemu se mobilnost ne postavlja kao ciljna veličina. Mobilnost je veličina izvedena iz aktivnosti. Ovde se pored psiholoških i socioloških faktora (npr. uspostavljanje kontakta, podela rada), mora uzeti u obzir promenljiva struktura svrhe putovanja.

Analiza privrednih aktivnosti

Prikaz privrednog razvoja područja počinje od analize proizvodnje po osnovnim privrednim granama za proteklih dvadesetak godina po godinama ili u vremenskim preseccima. Iskazuju se stope privrednog rasta po granama, nivou osnovnih i obrtnih sredstava, stepenu zaduženosti, broju zaposlenih, stopi zapošljavanja, produktivnosti, ekonomičnosti, brutodohotku po zaposlenom i drugim specifičnim pokazateljima koji iskazuju dinamičnost razvoja privrede područja.

Pri tome se upoređuju delatnosti grupisane u [25]:

- primarne (poljoprivreda, rudarstvo),
- sekundarne (industrija),
- tercijalne (trgovina, ugostiteljstvo, usluge),
- kvartarne delatnosti (obrazovanje, umetnost i dr.).

Za svaku zonu potrebno je da se utvrde najmanje dva podatka i to broj zaposlenih i količine robe u pripremu i otpravljanju. Ovi podaci su od velikog značaja za utvrđivanje potreba za prevozom i definisanje optimalnog transportnog sistema.

Prostorna organizacija i namena površina

Podaci o nameni površina i korišćenja zemljišta, odnose se na funkcionalnu podelu po aktivnostima i na intenzitet korišćenja površina. Oni obuhvataju [25]:

- broj zaposlenih, odnosno broj radnih mesta po zonama rada,
- intenzitet korišćenja zemljišta (broj stanova, indeks izgrađenosti, itd.),
- površine radnog prostora po delatnostima u:
 - industriji – ukupna površina kompleksa, površine otvorenih i zatvorenih skladišta, zatvorena radna površina,
 - trgovini – prodajni i skladišni prostor,
 - poslovanju – radni prostor,
- površine školskih prostora,
- površine prostora specijalne namene.

Za prikupljanje ovih podataka mogu da se koriste različiti izvori i to:

- redovna statistička istraživanja,

- nezavisna snimanja.

Prilikom tabelarnog prikazivanja neophodno je izvršiti njihovo grupisanje prema vrsti podataka. Svaki podatak je u vezi sa osnovnom podelom područja na zone. Raspored i gustina aktivnosti na posmatranom području od presudnog su uticaja na formiranje želja za putovanjem i imaju direktan uticaj na obim i raspodelu putovanja u vremenu i prostoru. Podela aktivnosti može da ima različit stepen detaljnosti, a jedan mogući pristup je:

- stanovanje: kolektivno (visoke gustine) ili individualno (male gustine),
- radne zone,
- centralni sadržaji (trgovine, banke, administracija),
- saobraćajna infrastruktura,
- rekreativne i zelene površine,
- specijalna namena itd.

Organizacija grada može se posmatrati sa aspekta kretanja u dva segmenta:

1. prostorna distribucija zona stanovanja, rada, rekreacije i trgovine,
2. prostorna povezanost i karakteristike mreže saobraćajnica.

Podaci o distribuciji, nameni površina i korišćenju zemljišta odnose se na funkcionalnu podelu po aktivnostima i na intenzitet korišćenja površina. Urbanističke službe su osnovni izvor informacija o nameni i intenzitetu površina. Za prikupljanje ovih podataka koriste se različiti izvori, kao redovna statistička istraživanja i nezavisna snimanja. Kada se koriste statistike, pogodno je konsultovati programe istraživanja koji daju periodiku i obuhvat istraživanja.

6. POTRAŽNJA I PONUDA U JAVNOM GRADSKOM PREVOZU

Na mreži saobraćajnica grada nalazi se mreža linija javnog gradskog prevoza putnika. Mreža saobraćajnica može ponuditi nivo usluge S (Service), funkcija obima saobraćaja V (Volume), kapaciteta saobraćajnica Q i upravljanja M (Management):

$$S = f\{V, Q, M\}$$

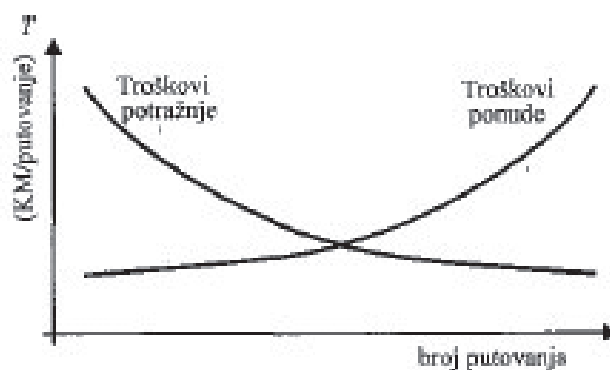
Nivo usluge S može se izraziti preko: brzine, vremena putovanja, generalizovanih troškova putovanja (kombinacija komponenti troškova - vreme putovanja, troškovi energenata, udobnost itd.).

Kapacitet Q zavisi od sistema upravljanja i od nivoa investiranja I :

$$Q = f\{I, M\}.$$

Uvođenjem vozila većeg kapaciteta (šinskih sistema) u javni gradski prevoz putnika poboljšava se nivo usluge - ponuda.

Funkcije jediničnih troškova potražnje i ponude od broja putovanja između dve zone prikazane su na slici 2. i vidi se da postoji minimum ukupnih troškova sa aspekta potražnje i ponude, a time i mogućnost iznalaženja optimuma u broju putovanja, odnosno troškova putovanja.



Slika 2: Putovanja po porodici s obzirom na posjedovanje automobila [25]

Potrebe za putovanjem su jedna od osnovnih funkcija u urbanim sredinama. Treba istaći da su putovanja kompleksni pojam koji u sebi sadrži: broj putovanja, mesto nastajanja i završavanja putovanja, vrstu prevoznih sredstava kojim se obavljaju, kao i puteve koji se koriste. Prognoza treba da sadrži sve elemente pojma putovanja, tj. ona mora da pruži odgovore na pitanja:

- Koliko će se putovanja ostvariti u svakoj pojedinoj zoni?
- Gde će ta putovanja da budu usmerena?
- Na koji način će da se ostvare?
- Kojim vidom prevoza će da se obave?
- Kojim putem će da se obavi?

Pre nego što se priđe davanju odgovora na ova pitanja, koja se odnose na buduća putovanja, neophodno je obaviti detaljna istraživanja sistema u proteklom periodu, odnosno u sadašnjem stanju, jer to predstavlja bazu koja omogućava realno određivanje prevoznih potreba u budućnosti.

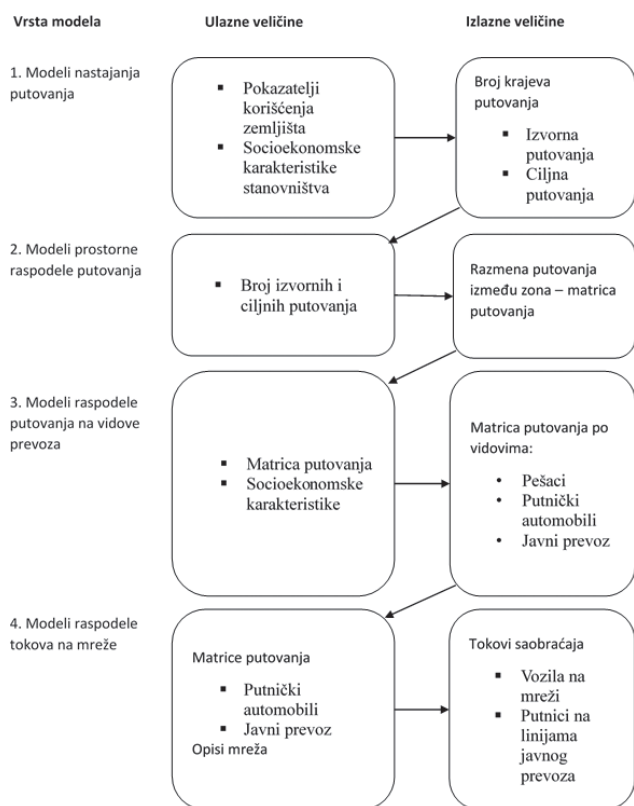
7. PLANIRANJE SAOBRAĆAJA - MODELI

Saobraćajni modeli spadaju u grupu matematičkih modela, a koriste se za formalno opisivanje procesa koji nastaju u saobraćaju. Pojam "saobraćajni model"

odnosi se na niz matematičkih jednačina (zakonitosti) koje opisuju ponašanje korisnika saobraćajnog sistema grada.

Modeliranje zahteva za putovanjem podrazumeva uspostavljanje niza matematičkih modela koji bi simulirali ponašanje i odlučivanje korisnika prilikom njihovog putovanja i preduzima se u procesu:

1. opisivanja postojećeg saobraćajnog sistema sa ciljem kalibracije i razvoja modela;
2. stvaranja buduće varijante sistema (npr. predlaganje saobraćajnog menadžment plana), gde se kalibrisani saobraćajni model primenjuje u cilju testiranja karakteristika i uticaja budućeg predloženog sistema.



Slika 3. Ulazne i izlazne veličine po modelima [31]

7.1. Modeli nastajanja putovanja

Pojam nastajanja ili generisanja putovanja odnosi se na utvrđivanje obima putovanja koja su započeta ili završena u određenoj zoni posmatranja u zavisnosti od namene površina i socio-ekonomskih karakteristika područja. Svrha izučavanja nastajanja putovanja je da se definišu (identifikuju) krajevi putovanja (izvor i cilj) koji pripadaju određenoj zoni. Na nastajanje putovanja utiču tri faktora: intenzitet, karakter i prostorni razmeštaj aktivnosti.

Intenzitet se iskazuje apsolutnim veličinama (broj domaćinstava, stanova ili zaposlenih) ili gustom (broj stanovnika po jedinici površine).

Karakter aktivnosti daje socio-ekonomsko stanje jedinice posmatranja. Pri tome najveću važnost ima dohodak porodice i zaposlenost.

Prostorni razmeštaj aktivnosti (npr. radnih zona u odnosu na stanovanje) takođe ima veliki značaj za analizu nastajanja putovanja, ali se taj uticaj najčešće manifestuje u okviru prva dva.

Model rasta

Ovaj model zasniva se na uspostavljanju odnosa između broja putovanja i pojedinih planerskih pokazatelja, bilo da se tiču karakteristika namene površine ili socio-ekonomskih karakteristika domaćinstava. Uspostavljeni odnosi se koriste u procesu prognoze kao faktori porasta budućeg obima putovanja. Ovo je najmanje korišćena metoda. Podaci o izvorno ciljnim kretanjima utvrđuju se anketom.

Metode unakrsne klasifikacione ili kategorijske analize

Osnovna jedinica posmatranja je porodica.

Postupak se sprovodi na taj način što se domaćinstva grupišu u homogene podgrupe, a za svaku od podgrupa se utvrđuju prosečne stope generisanja putovanja. Saobraćajnim istraživanjem utvrđeno je da najveći uticaj na stope generisanja putovanja, tj. mobilnost porodice, imaju veličine i dohodak domaćinstva i stepen motorizacije.

Bitna pretpostavka ove analize je da iste kategorije domaćinstava imaju istu dnevnu mobilnost, da se tokom vremena unutar iste kategorije mobilnost ne menja, tj. ostaje približno ista. Na osnovu ovih pretpostavki, ako se za prognozirani period može utvrditi broj porodica sa određenim karakteristikama, moguće je i za njih utvrditi budući broj putovanja:

$$P_i = \sum_{c=1}^n \bar{P}_c \cdot N_{ci}$$

gde su:

n - broj kategorija porodica

c - kategorija domaćinstva

P_i - ukupan broj putovanja koje generiše zona "i"

\bar{P}_{ci} - prosečan broj putovanja domaćinstva iz kategorije "c"

N_{ci} - broj domaćinstva kategorije "c" nastanjenih u zoni "i".

Ova analiza takođe omogućuje da se utvrde stope generisanja za različite vidove prevoza i različite svrhe putovanja.

Model linearne regresivne analize

Ovaj model se najviše koristi. Bilo na nivou zone ili u vezi sa domaćinstvima.

Linearna veza zavisno promenljive Y i jedne ili više nezavisno promenljivih X1, X2... Xn može da se napiše u obliku:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_n \cdot x_n$$

gde su:

y - krajevi putovanja

b0, b1... - parametri modela (regresivni koeficijenti) koji se kalibrišu.

Ovi parametri se dobijaju metodom najmanjih kvadrata, odnosno svođenjem sume kvadrata razlike vrednosti zavisne promenljive y dobijene modelom i stvarne vrednosti utvrđene snimanjem na minimum:

$$\sum_{i=1}^n e_i \rightarrow \min e_i = (y_{im} - y_{ia})^2$$

gde su:

y_{ia} - vrednost zavisne promenljive dobijene snimanjem saobraćaja (stvarne vrednosti izvornih ili ciljnih krajeva putovanja)

y_{im} - vrednost zavisno promenljive (krajeva putovanja) dobijena modelom.

Dobijene zavisnosti promenljivih koje opisuju postojeće stanje, koriste se da se dobiju vrednosti zavisno promenljivih Y:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + \dots + b_n \cdot x_n$$

gde su:

y - vrednost zavisno promenljive utvrđene snimanjem saobraćaja (krajevi putovanja)

x1, xn... - vrednosti nezavisno promenljivih u postojećem stanju

Y - prognozirane vrednosti zavisno promenljive (budući obim prevoza)

X1...Xn - planirane vrednosti nezavisno promenljivih.

7.2. Modeli prostorne raspodele putovanja

Pod prostornom raspodelom putovanja podrazumeva se utvrđivanje intenziteta povezanosti izvora i cilja putovanja. U analizi postojećeg putovanja prostorna raspodela se utvrđuje anketiranjem putnika.

Razvoj matematičkih modela za prognozu prostorne raspodele putovanja započeo je 50-tih godina prošlog veka i do danas oni se mogu svrstati u dve osnovne kategorije:

1. metode koje se zasnivaju na analogiji – metode faktora porasta,
2. sintetičke metode u okviru kojih se utvrđuju zakonitosti međuzonskih razmena putovanja, a zatim se te zavisnosti koriste za prognozu.

Metode faktora rasta

Zasnovane su na pretpostavci da međuzonska razmena putovanja može da se projektuje u budućnosti putem očekivanih stopa rasta na posmatranom području:

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot F$$

gde su:

T_{ij} - broj budućih putovanja između zona "i" i "j",

t_{ij} - postojeći broj putovanja,

F - faktor porasta.

Za korišćenje ove metode pored faktora rasta neophodno je raspolagati i postojećom matricom međuzonske raspodele putovanja. U zavisnosti od metode faktor rasta može biti jednostavan ili se dobija kombinacijom nekoliko faktora. Hronološki redosled metoda faktora rasta bio bi:

- metod jednostavnog faktora porasta,
- metod proširenog faktora porasta,
- Fratar metod,
- Detroit metod.

Sintetički modeli

Ova grupa modela predstavlja tzv. interaktivne modele raspodele putovanja (modele međudejstva). Kod ovih modela razmena putovanja između zona je funkcija emisije i privlačne snage zona i njihovog položaja u prostoru. Ovi modeli mogu da se kalibrišu tj. prilagođavaju.

U planiranju saobraćaja primenjuju se sledeći oblici ovih modela:

- gravitacioni modeli,
- modeli povoljnosti,
- modeli "elektrostatičkog polja",
- modeli višestruke regresivne analize,
- modeli linearnog programiranja.

Modeli faktora porasta nisu pogodni za dugoročne prognoze raspodele putovanja na područjima sa

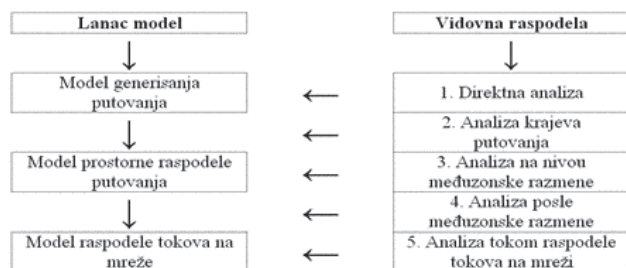
značajnim promjenama u pogledu intenziteta i načina korišćenja elemenata. Mogu se uspješno primeniti za ekstrapolaciju anketa za nekoliko godina i za utvrđivanje raspodele spoljnog posebno tranzitnog saobraćaja.

Sintetički modeli posebno gravitacioni su relativno jednostavniji od ostalih, ne zahtevaju složena istraživanja i komplikovanu proceduru kalibracije i provere. Osim toga, gravitacioni modeli imaju široku primenu i u drugim oblastima prostornog i urbanističkog planiranja.

Prognoze u saobraćaju, uopšteno govoreći, same za sebe predstavljaju veoma kompleksnu i osetljivu aktivnost u procesu planiranja i zahtevaju posebna istraživanja. Različiti pristupi prognozama u železničkom i uopšte javnom gradskom i prigradskom saobraćaju detaljnije su obrađene u radovima [8, 27, 28, 29 i 30].

7.3. Modeli raspodele prevoza na vidove putovanja

Položaj vidovne raspodele u lancu saobraćajnih vozila može biti (slika 4.):



Slika 4. Položaj vidovne raspodele [26]

1. u toku nastajanja putovanja,
2. posle nastajanja putovanja,
3. u toku prostorne raspodele putovanja,
4. posle prostorne raspodele putovanja,
5. tokom raspodele tokova na mreži.

U slučaju 1. putem regresivne analize izračunavaju se krajevi putovanja (atrakcije i produkcije) za svaki vid prevoza posebno.

Kada se vidovna raspodela radi na nivou krajeva putovanja (drugi slučaj) tada se rezultati dobijeni regresijama na nivou saobraćajnih zona krajeva putovanja dele na vidove prevoza. Zatim se za svaki vid prevoza formiraju modeli prostorne raspodele putovanja pomoću kojih se dobijaju matrice putovanja za svaki vid prevoza posebno.

Ukoliko se vidovna raspodela vrši uporedo sa prostornom raspodelom putovanja tada se formira onoliko formi modela prostorne raspodele koliko načina prevoza se razmatra u raspodeli (slučaj 3).

Najčešći slučaj je da se vidovna raspodela vrši po utvrđenoj prostornoj raspodeli (slučaj 4). Ovaj način omogućava da se iz ukupne matrice putovanja izdvoje onoliko elementarnih matrica na koliko vidova (načina) se razlaže ukupan broj putovanja (npr. pešice, automobil, javni prevoz).

Vidovna raspodela, tokom pripisivanja tokova na mreži (slučaj 5), ima ideju da se svi oni tokovi koje ne može da prihvati ulična mreža, zbog ograničenog kapaciteta, pripisuju javnom prevozu.

Faktori koji utiču na izbor vida prevoza zavise od karakteristika putnika, saobraćajnog toka i saobraćajne mreže.

Faktori zavisni od karakteristika putovanja

Najvažnije karakteristike putovanja koje imaju uticaj izbor vida prevoza su:

- svrha putovanja,
- period dana u kome se obavlja putovanje,
- dužina odnosno trajanje putovanja.

Svrha (motiv) putovanja utiče na taj način što se za odlazak na posao i u školu (fakultet) putnici u većoj meri opredeljuju za javni prevoz, dok ukoliko je u pitanju kupovina ili zabava češća je upotreba putničkog automobila.

Ove pojave mogu se objasniti i činjenicom da se odlazak na posao i u školu dešava u periodu vršnog opterećenja, kada zbog čestih zastoja i izraženih problema parkiranja deo vlasnika automobila radije koristi javni prevoz. Nasuprot tome, povremeni odlazak u kupovinu, razonodu i sl. većina vlasnika automobila obavlja, najčešće sa još nekim članom, automobilom jer želi da ima odgovarajući komfor i apsolutnu samostalnost u izboru vremena i putanje kojom će obaviti putovanje.

Dužina putovanja merena rastojanjem ili utrošenim vremenom između izvora i cilja takođe ima uticaj na izbor vida prevoza. Kratka putovanja, do nekoliko stotina metara, obavljaju se pešice, na srednjim rastojanjima koristi se automobil ili javni sistemi prevoza (autobus, metro, gradska železnica), a na većim udaljenostima železnica, međugradski autobus ili avion.

Faktori zavisni od karakteristika putnika

Najvažnije karakteristike putnika su:

- ekonomski status,
- posedovanje automobila,
- gustina naseljenosti,
- socio-ekonomske karakteristike domaćinstva.

Porodice sa većim prihodima imaju veću mobilnost i češće koriste automobil od porodica sa nižim prihodima, koja više koriste JGP, pešačenje ili biciklistički prevoz.

U zonama sa manjim gustinama naseljenosti nerazvijenija je mreža linija JGP i frekvencija vozila je niža, pa je nivo korišćenja JGP niži, odnosno stanovnici su više upućeni na korišćenje automobila. U celini gledano, domaćinstva sa većim dohotkom imaju viši stepen motorizacije, viši stepen korišćenja automobila i uglavnom žive u zonama niskih gustina jer poseduju kuće u atraktivnim delovima grada koji su uglavnom zbog male zainteresovanosti stanovnika takvih zona za JGP slabije opsluženi linijama JGP.

Faktori zavisni od karakteristika saobraćajnog sistema

Uticaj karakteristika saobraćajnog sistema na vidovnu raspodelu najčešće se izražava preko vremena putovanja i troškova putovanja ili preko pokazatelja kao što su nivo usluge i indeks pristupačnosti. Uticaj vremena putovanja može se izraziti količnikom koji pokazuje koliko puta više traje putovanje JGP od putovanja kolima:

$$K_t = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{t_6 + t_7 + t_8}$$

gde je:

- t_1 – vreme vožnje u vozilu JGP,
- t_2 – vreme presedanja,
- t_3 – vreme čekanja na vozilo JGP,
- t_4 – vreme pešačenja od izvora do vozila JGP,
- t_5 – vreme pešačenja od vozila JGP do cilja,
- t_6 – vreme vožnje ličnim kolima,
- t_7 – vreme potrebno za parkiranje automobila na cilju,
- t_8 – vreme pešačenja od mesta parkiranja do ciljne adrese.

Sa porastom količnika K_t opada učešće JGP kod putovanja sa svrhom odlaska na posao u periodu vršnog opterećenja.

Uticaj troškova putovanja takođe se može izraziti na sledeći način:

$$K_c = \frac{C_1 \cdot p}{C_2 + C_3 + C_4 + 0.5C_5}$$

gde je:

- C_1 - cena vožnje u JGP,
- C_2 - troškovi goriva sopstvenih kola,
- C_3 - troškovi maziva sopstvenih kola,
- C_4 - troškovi putarine pri korišćenju sopstvenih kola,
- C_5 - troškovi parkiranja,
- p - popunjenost.

Kvalitet usluge obuhvata različite parametre, a neki od njih su komfor, olakšice, presedanje itd. Jedan od nivoa da se izrazi nivo usluge je da se stave u odnosu vremenski gubici kod javnog i individualnog prevoza. Tako definisan nivo usluge polazi od toga da je vreme utrošeno izvan vozila gubitak i da je nivo usluge u sistemu JGP niži ukoliko je ovaj odnos veći i obrnuto. Indeks pristupačnosti predstavlja pogodnost pristupa određenoj lokaciji određenom vrstom prevoza:

$$I_i = \sum_{j=1}^n \frac{S_j}{(d_{ij})^\alpha} = \sum_{j=1}^n \frac{S_j}{t_{ij}^\alpha}$$

gde je:

- I_i – indeks pristupačnosti u tački (centu zone),
- S_j – broj stanovnika zone "j",
- d_{ij} – rastojanje između centara zone "i" i "j",
- V_{ij} – brzina putovanja između centara zone "i" i "j",
- t_{ij} – vreme putovanja između centara zone "i" i "j",
- α – eksponent funkcije otpora.

7.4. Modeli raspodele tokova na mreže

Metode raspodele tokova putnika na alternativne puteve se zasnivaju na poređenju odnosa rastojanja ili vremena putovanja između dva puta koji povezuju posmatrane zone. Kod ovakvih metoda raspodele se koriste sledeći kriterijumi:

- A-B = ušteda u vremenu putovanja,
- C-D = ušteda u pređenom putu,
- B/A = odnos vremena putovanja,
- D/C = odnos rastojanja,
- F/E = odnos troškova,

gde su:

- A - vreme putovanja najbržim postojećim putem,
- B - vreme putovanja novim putem,
- C - rastojanje najkraćim postojećim putem,
- D - rastojanje novim putem,
- E - troškovi na postojećem putu,
- F - troškovi na novom putu.

Kriterijum koji sjedinjuje vreme i rastojanje je trošak putovanja i može se utvrditi izrazom:

$$C = C_d \cdot D + C_t \cdot T + C_p$$

gde su:

C - troškovi korišćenja, posmatranog puta,

C_d - troškovi po vozila km,

D - rastojanje u km,

C_t - vrednost jedne minute,

T - trajanje putovanja [min]

C_p - troškovi putovanja.

Raspodela tokova na mreže predstavlja poslednju fazu u primeni saobraćajnih modela, a to su postupci kojim se rezultati prethodnih faza „prepisuju“ mrežama. Ovim modelima utvrđuje se raspodela tokova vozila ili putnika na mrežama da bi se utvrdilo da li posmatrane pruge (saobraćajnice) mogu i sa kakvim efektima da „prihvate“ postojeće ili očekivane tokove saobraćaja.

Postupci za raspodelu tokova na mreži dele se na one kojima se:

- utvrđuje raspodela tokova na alternativne puteve između para izvorne i ciljne zone,
- obuhvataju svi izvori i ciljevi.

Metode raspodele tokova na alternativne puteve se zasnivaju na upoređivanju razlika ili odnosa rastojanja ili vremena putovanja između dva puta koja povezuju posmatrane zone. Kada su u pitanju ove metode raspodele koriste se kriterijumi:

- ušteda u vremenu putovanja,
- ušteda u pređenom putu,
- odnos vremena putovanja,
- odnos rastojanja,
- odnos troškova.

Raspodela tokova saobraćajne mreže predstavlja postupak kojim se prostorna raspodela putovanja, data u formi izvor – cilj matrice, pripisuje odgovarajućim delovima mreže. Svaka mreža se može opisati skupom čvorova međusobno spojenih vezama. Pri čemu čvorovi predstavljaju raskrsnice i generatore saobraćaja deonice, tj. delove mreže između dva susedna čvora.

Raspodela tokova saobraćaja na mreže omogućava da se:

- utvrde nedostaci postojećih mreža,
- sagleda u kojoj meri će porast saobraćaja zahtevati promene na postojećim mrežama,
- dobiju odgovarajuće informacije koje omogućuju izradu varijanti rešenja budućih mreža,

- definiše prioritet u rešavanju problema na postojećim mrežama.

U osnovi, metode raspodele tokova saobraćaja sastoje se u tome da se definišu putanje koje povezuju parove izvornih i ciljnih zona, a da se zatim tim putanjama pripišu vrednosti međuzonske razmene iz odgovarajuće matrice putovanja. U zavisnosti od toga da li se uzima u obzir kapacitet veza ili ne, postoje dve metode raspodele: metoda „sve ili ništa“ i metoda ograničenja kapaciteta.

Metoda „sve ili ništa“

Metoda je zasnovana na pretpostavci da će celokupni saobraćaj između svakog para zona koristiti tzv. „putanju minimalne dužine“ bez obzira na veličinu protoka i kapaciteta veza. Kriterijum za izbor najkraće putanje može da bude rastojanje, vreme ili troškovi putovanja. Osnovni nedostaci ove metode sastoje se u tome što pripisane veličine podataka često prevazilaze kapacitet na najopterećenijim deonicama mreže.

Metoda ograničenja kapaciteta

Ova metoda otklanja nedostatke prethodne metode, na taj način što uzima u obzir kapacitet pruga (saobraćajnica). Rezultati koji se dobijaju ovom metodom odražavaju realno stanje saobraćajnih opterećenja. Za ovu metodu potrebno je uspostaviti relacije između veličine protoka, gustine saobraćaja i brzine:

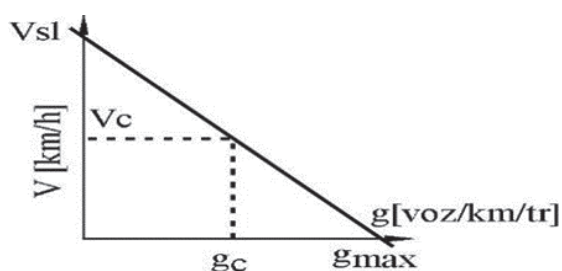
$$q = g \cdot V \text{ - protok vozila,}$$

$$g = q/V \text{ - gustina vozila,}$$

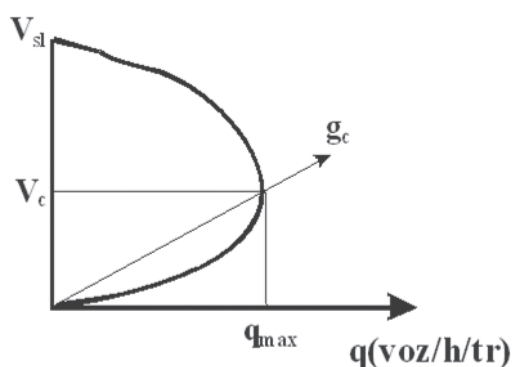
$$V = q/g \text{ - brzina vozila.}$$

Sa porastom gustine opada brzina toka sve do g_{max} pri čemu dolazi do zastoja. Bez obzira o kojoj se metodi radi osnovni izlazni rezultati su:

- kumulativni protok vozila i putnika na vezi po smeru iskazan u broju vozila u određenoj vremenskoj jedinici, odnosno broju putnika po smeru na sat ili dan kada je u pitanju JGP,
- transportni rad po kategorijama saobraćajnica iskazan u voznim kilometrima na sat (vozk/h), odnosno kada je u pitanju JGP putnik kilometrima na sat po linijama,
- transportno vreme iskazano u vozila sati na sat ili dan za automobilski saobraćaj, odnosno putnik sati na sat ili dan za sistem JGP.



Slika 5. Međuzavisnost brzine i gustine [31]



Slika 6. Međuzavisnost brzine i protoka [31]

8. PRORAČUN MATRICE PUTOVANJA

Metodologija proračuna matrice putovanja - IC matrice [28] data je na primeru deonice pruge sa osam stanica (stajališta), tj. na prigradskoj liniji A-H uz pretpostavku da je merodavni dnevni broj putnika u jednom smeru 50.000 put./dan. U tabeli 2. dati su,

na osnovu statističkih podataka o broju prodatih karata i podataka dobijenih snimanjima na terenu, procenti ulaza i izlaza putnika po stanicama. Metodologija omogućava da se odrede merodavni tokovi i protoci putnika po međustaničnim rastojanjima, kao i prostorna i vremenska raspodelu putnika za utvrđivanje potrebnog broja vozila i definisanje reda vožnje.

Tabela 2 - Ulaz/izlaz putnika po stanicama za smer A-M (%)

	A	B	C	D	E	F	G	H
Ulaz	30,5	20,1	12,2	20,4	4,6	8	4,2	0
Izlaz	0	13,5	11,8	11,4	23,6	12,5	14,7	12,5

Za proračun tokova putnika koriste se podaci dobijeni snimanjem putnika koji ulaze i izlaze u stanicama na relaciji A-M i merodavni dnevni broj putnika N_{dnmer} . Podaci su dati u procentima od ukupnog broja putnika koji se prevoze na relaciji A-H (piUL za ulaz i piIZL za izlaz). Obeležimo sa n_{i-j} broj putnika na relaciji od i do j (tj. tok putnika i-j), a sa n_{iUL} broj putnika koji je ušao u vozove u stanici i, odnosno n_{iZL} , broj putnika koji je izašao u stanici j. Broj putnika koji ulaze i izlaze po stanicama na relaciji A-H iznosi:

$$n_i^{UL} = N_{dn}^{mer} \cdot p_i^{UL}$$

Proračun broja putnika na relaciji i-j zavisi od odnosa broja putnika koji su ušli i izašli u/iz vozova, kao i ukupnog broja putnika koji izlazi u stanici j. Za m stanica, broj putnika na relaciji od stanice i do j je:

$$n_{i-j} = n_j^{IZL} \frac{\sum(n_{i-(j+1)} + n_{i-(j-2)} + n_{i-(j-3)} + \dots + n_{i-m})}{(\sum(n_1^{UL} + n_2^{UL} + \dots + n_{j-1}^{UL}) - (\sum(n_1^{IZL} + n_2^{IZL} + \dots + n_{j-1}^{IZL})))}$$

$$n_{i-j} = n_j^{IZL} \frac{\sum(n_i^{UL} - (n_{i-(i+1)} + n_{i-(i+2)} + \dots + n_{i-(j-1)}))}{(\sum(n_1^{UL} + n_2^{UL} + \dots + n_{j-1}^{UL}) - (\sum(n_1^{IZL} + n_2^{IZL} + \dots + n_{j-1}^{IZL})))}$$

Na primer, tok putnika n_{3-6} , možemo izračunati kao:

$$n_{3-6} = n_6^{IZL} \frac{\sum(n_3^{UL} - (n_{3-4} + n_{3-5}))}{(\sum(n_1^{UL} + n_2^{UL} + n_3^{UL} + n_4^{UL} + n_5^{UL}) - \sum(n_1^{IZL} + n_2^{IZL} + n_3^{IZL} + n_4^{IZL} + n_5^{IZL}))}$$

Proračun broja putnika koji su ušli i izašli po stanicama dat je u tabeli 3.

Prilikom određivanja matrice putovanja u kojoj se nalaze svi tokovi putnika na posmatranoj deonici, kreće se od prve, početne, stanice. Prvi tok putnika, n_{1-2} , izračunava se na osnovu broja izašlih putnika

u stanici 2. Na osnovu našeg primera, broj izašlih putnika u stanici B (stanici 2) je 6.750 putnika. Tok n_{1-2} čine putnici koji su ušli u početnoj stanici 1 (stanica A) i putuju do stanice 2 (stanica B). Putnici koji su izašli u stanici B su mogli da uđu samo u stanici A, a na osnovu toga definišemo tok n_{1-2} . Sledeće proračunavamo tok n_{1-3} .

Tabela 3 - Broj putnika koji ulazi/izlazi po stanicama

Stanica i	Ulaz p_i^{UL} (%)	Ulaz n_i^{UL} (putnika)	Izlaz p_i^{IZL} (%)	Izlaz n_i^{IZL} (putnika)
A	30,5	15.250	0,0	0
B	20,1	10.050	13,5	6.750
C	12,2	6.100	11,8	5.900
D	20,4	10.200	11,4	5.700
E	4,6	2.300	23,6	11.800
F	8,0	4.000	12,5	6.250
G	4,2	2.100	14,7	7.350
H	0,0	0	12,5	6.250

$$n_{1-3} = n_3^{IZL} \frac{\Sigma(n_1^{UL} - (n_{1-2}))}{(\Sigma(n_1^{UL} + n_2^{UL}) - \Sigma(n_1^{IZL} + n_2^{IZL}))} = 5.900 \frac{\Sigma(15250 - (6750))}{(\Sigma(15250 + 10050) - \Sigma(0 + 6750))} = 5.900 \frac{8500}{18550} = 2.704$$

A zatim i tok n_{2-3} :

$$n_{2-3} = n_3^{IZL} \frac{\Sigma(n_2^{UL} - 0)}{(\Sigma(n_1^{UL} + n_2^{UL}) - \Sigma(n_1^{IZL} + n_2^{IZL}))} = 5.900 \frac{\Sigma(10050 - 0)}{(\Sigma(15250 + 10050) - \Sigma(0 + 6750))} = 5.900 \frac{10050}{18550} = 3.196$$

Svi tokovi koji završavaju u istoj stanici j daju ukupan broj putnika koji je izašao u stanici j , prema tome:

$$n_{2-3} = n_3^{IZL} - n_{1-3} = 5.900 - 2.704$$

Postupak proračuna matrice putovanja se nastavlja sa tokovima putnika za stanicu D (stanicu 4, tokovi $n_{1-4}, n_{2-4}, n_{3-4}$):

$$n_{1-4} = n_4^{IZL} \frac{\Sigma(n_1^{UL} - (n_{1-2} + n_{1-3}))}{(\Sigma(n_1^{UL} + n_2^{UL} + n_3^{UL}) - \Sigma(n_1^{IZL} + n_2^{IZL} + n_3^{IZL}))} = 5.700 \frac{\Sigma(15250 - (6750 + 2704))}{(\Sigma(15250 + 10050 + 6100) - \Sigma(0 + 6750 + 5900))} = 1.762$$

$$n_{2-4} = n_4^{IZL} \frac{\Sigma(n_2^{UL} - (n_{2-3}))}{(\Sigma(n_1^{UL} + n_2^{UL} + n_3^{UL}) - \Sigma(n_1^{IZL} + n_2^{IZL} + n_3^{IZL}))} = 5.700 \frac{\Sigma(10050 - (3196))}{(\Sigma(15250 + 10050 + 6100) - \Sigma(0 + 6750 + 5900))} = 2.083$$

$$n_{3-4} = n_4^{IZL} - n_{1-4} - n_{2-4} = 5.700 - 1.762 - 2.083 = 1.854$$

Zatim, proračun se nastavlja za tokove koji se završavaju u stanici 5 (tj. stanica E, tokovi $n_{1-5}, n_{2-5}, n_{3-5}, n_{4-5}$), pa stanici 6. (tokovi $n_{1-6}, n_{2-6}, n_{3-6}, n_{4-6}, n_{5-6}$), stanici 7 (tokovi $n_{1-7}, n_{2-7}, n_{3-7}, n_{4-7}, n_{5-7}, n_{6-7}$) itd. Svi tokovi putnika za jednu liniju uobičajeno se predstavljaju u matrici putovanja. Matrica putovanja sa tokovima putnika na liniji A-H data je u tabeli 4.

Prostornu raspodelu kretanja putnika možemo da posmatramo preko protoka putnika po međustaničnim odsecima. Protok putnika predstavlja razliku ukupnih ulazaka i izlazaka putnika do posmatrane deonice u toku dana. Predstavlja stvarno opterećenje linije.

Tabela 4 - Matrica putovanja za deonicu A-H

	A	B	C	D	E	F	G	H	ušlo	
A		6.750	2.704	1.762	2.048	903	693	391	15.250	30,5%
B			3.196	2.083	2.421	1.068	819	462	10.050	20,1%
C				1.854	2.155	950	729	412	6.100	12,2%
D					5.177	2.283	1.751	989	10.200	20,4%
E						1.045	802	453	2.300	4,6%
F							2.557	1.443	4.000	8,0%
G								2.100	2.100	4,2%
H									0	0
izašlo	0	6.750	5.900	5.700	11.800	6.250	7.350	6.250	50.000	
	0,0%	13,5%	11,8%	11,4%	23,6%	12,5%	14,7%	12,5%		

Protok putnika po deonicama je ukupan broj putnika koji se u toku dana nalazi u vozovima na deonicama A-B, B-C, C-D, D-E, E-F, F-G, G-H. Protok putnika na svakoj od ovih deonica zavisi od tokova putnika koji prolaze kroz posmatranu deonicu. Tako je protok putnika na deonici A-B skup tokova iz stanice A:

$$P_{3-4} = \sum_{i=1}^3 n_i^{UL} - \sum_{j=1}^3 n_j^{IZL} = (15.250+10.050+6.100)-(0+6.750+5.900) = 18.750$$

Protok putnika na relaciji A-H prikazan je na tabeli 5.

Tabela 5 -Protok putnika na relaciji A-H

AB	BC	CD	DE	EF	FG	GH
15.250	18.550	18.750	23.250	13.750	11.500	6.250

Na osnovu tabele 5. možemo zaključiti da je merodavan protok linije A-H, deonica D-E, koja ima najveći dnevni broj putnika (23.250 putnika) koji se prevozi na toj deonici. Ova merodavna deonica uzima se kao osnova za dalji račun, tj. za proračun vremenske raspodele putnika na liniji.

9. GENERISANJE, VREDNOVANJE I IZBOR OPTIMALNOG REŠENJA

Nakon što je u prethodnim fazama prognoziran obim, prostorna, vremenska, vidovna raspodela i opterećenje putne mreže pristupa se generisanju (izradi), vrednovanju i izboru rešenja.

Predložena rešenja moraju se zasnivati na ciljevima razvoja područja, budućoj nameni površina, budućoj prevoznosti potražnji, ciljevima i zadacima saobraćajnog sistema, ciljevima planiranja, raspoloživim novčanim sredstvima i na različitim prirodnim, ekološkim, normativnim i drugim ograničenjima.

$$n_{1-2}, n_{1-3}, n_{1-4}, n_{1-5}, n_{1-6}, n_{1-7}, n_{1-8}$$

Analitički proračun protoka zasniva se na razlici suma svih ulaza putnika do posmatrane deonice i suma izlaza putnika do posmatrane deonice:

Vrednovanje podrazumeva primenu različitih metoda i modela, kojima se ocenjuje svako od ponuđenih rešenja posebno ili sva rešenja istovremeno, a sve u cilju obezbeđenja nepristrasnosti i konzistentnosti planerskog postupka. Vrste vrednovanja su:

- funkcionalno vrednovanje,
- ekonomsko vrednovanje,
- višekriterijumsko vrednovanje.

Funkcionalno vrednovanje (testiranje plana) odnosi se na saobraćajno-tehnička ispitivanja vrednosti predloženih rešenja. Takođe, ocenjuje u kojoj meri predložena rešenja omogućuju ostvarenje predviđene namene površina i ekološki uticaj predloženih rešenja na okolinu.

Ekonomskim vrednovanjem vrši se ocena društveno-ekonomske korisnosti (opravdanosti) svakog od predloženih rešenja. Kao osnova za ekonomsko vrednovanje služe očekivani troškovi i koristi, te potrebna i raspoloživa materijalna sredstva. U ekonomskom vrednovanju zastupljena su dva osnovna pristupa: individualni i društveni. Za prvi pristup je karakteristično da se vrednost ulaganja posmatra sa individualnog aspekta (investitori, banke i sl.). Drugi pristup uzima u obzir dugoročni interes društva, a bazira se na dugoročnom posmatranju pozitivnih i negativnih efekata izrade i primene planskih rešenja (troškovi i koristi).

Individualni pristup realizuje se primenom statičkih i dinamičkih kriterijuma. Statički kriterijumi ne uzimaju u obzir vremensku komponentu izrade, realizacije i funkcionisanja izabranog rešenja, već samo jedan vremenski presek. Nasuprot tome dinamičkim kriterijumima obuhvaćen je celokupan period ulaganja i eksploatacije izabranog rešenja (investicije).

10. ZAKLJUČAK

S obzirom da se pod saobraćajem podrazumeva kretanje transportnih jedinica po transportnoj mreži, a kretanje je jedna od faza prevoza ljudi i dobara, saobraćaj je direktna posledica realizacije potrebe za prevozom. Saobraćajno planiranje se zasniva na planiranju potreba za prevozom.

Realizacija potrebe za racionalnijim saobraćajnim sistemom, koji je ekonomski i ekološki opravdan, zahteva posmatranje i rešavanje saobraćajnih problema.

Planiranje je proces u kome se definišu odgovarajuće aktivnosti u budućnosti, koje dovode do odabranih ciljeva. Prema tome, planiranjem saobraćaja se utvrđuju potrebni kapaciteti za zadovoljenje potrebe prevoza na nekom prostoru u budućnosti.

Ciljevi saobraćajnog planiranja su ispunjenje potreba i interesa ljudi u posmatranom području i da se eliminišu slučajnosti, te da se svesno i organizovano utiče na realizaciju i, uz optimalno korišćenje resursa, obezbede maksimalni rezultati.

LITERATURA

- [11] Nikolić V, Milinković S, Vesković S, Pavlica D: Regionalni putnički saobraćaj – iskustva iz južnog Banata, *Železnice* 2019(2), 115-125, 2020.
- [12] UITP, ERRAC, Foster Rail: Regional and Suburban Railways Market Analysis Update, Brussels, Belgium, 2016.
- [13] Vesković S, Raičević V, Stojić G, Milinković S: A model to Estimate the Passenger Rail Liberalisation, The Case of Serbia, *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, Vol. 2, No. 3, p. 202-220, Beograd, ISSN 2217-544X (print); ISSN 2217-5652 (online), 2012.
- [14] European Commission: Directive 2007/58/EC of the European Parliament and of the Council Directive of 23 amending Council Directive 91/440/EEC on the development of the Community's railway and Directive 2001/14/EC on the allocation of railway infrastructure capacity and the levying of charges for the use of railway infrastructure. *Official Journal of the European Union*, L 315: 44-50, 2007.
- [15] Milutinović S: Lokalna Agenda 21, Uvod u planiranje održivog razvoja, Stalna konferencija gradova i opština, Beograd, Srbija, 179 p, 2004.
- [16] Stojić G: Model Development for Evaluation the Management of Railway Infrastructure (PhD dissertation), Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Serbia. 173 p, 2010.
- [17] Milinković S, Vesković S, Marton P, Mašek J: Regional Passenger Rail Concept, Evidence from Services in Serbia and Slovakia, VI International Symposium New Horizons 2017. of Transport and Communications, Dobo, Bosnia and Herzegovina, 2017.
- [18] Marković N, Milinković S, Schonfeld P, Drobnjak Z: Planning dial-a-ride services: Statistical and meta-modeling approach. *Transportation research record*, 2352 (1): 120-127, 2013.
- [19] Vuchic V: Urban Transport Operation, Planning and Economics, John Wiley & Sons Inc, Hoboken, NJ, USA, 2005.
- [20] Public Passenger Transport Services by Rail and by Road and Repealing Council Regulations (EEC) Nos 1191/69 and 1107/70, Regulation (EC) No 1370/2007, L 315/1, Official Journal of the European Union, The European Parliament and the Council of the European Union: Brussels, Belgium, 2007.
- [21] Pita J. P, Antunes A. P; Barnhart C, Gomes de Menezes A: Setting public service obligations in low-demand air transportation networks, Application to the Azores. *Transp. Res. Part A, Policy Practice* 54, 35-48, 2013.
- [22] Ševrović M, Brčić D, Kos D: Transportation Costs and Subsidy Distribution Model for Urban and Suburban Public Passenger Transport, *Promet Traffic Transp*, 27, 23-33, 2015.
- [23] Gangwar R, Raghuram G: Framework for structuring public private partnerships in railways. *Case Stud. Transp, Policy* 3, 295-303, 2015.

- [24] Stojić G, Mladenović D, Prentkoviš O, Vesković S: A Novel Model for Determining Public Service Compensation in Integrated Public Transport Systems, Sustainable – MDPI, vol. 10, no. 9, pp 1-20, issn: 2071-1050, doi: 10.3390/su10092969, 2018.
- [25] Commission Implementing Regulation (EU) 2015/909, The Modalities for the Calculation of the Cost That Is Directly Incurred as a Result of Operating the Train Service, L 148/17, Official Journal of the European Union, Commission Implementing Regulation (EU) 2015/909: Brussels, Belgium, 2015.
- [26] Merkert R, O' Fee B: Efficient procurement of public air services - Lessons learned from European transport authorities perspectives, Transp. Policy, 29, 118–125, 2013.
- [27] Van Reeve P: Subsidisation of Urban Public Transport and the Mohring Effect, J. Transp. Econ. Policy, 42, 349–359, 2008.
- [28] Vesković S, Stević Ž, Karabašević D, Rajilić S, Milinković S, Stojić G: A new integrated fuzzy approach to selecting the best solution for business balance of passenger rail operator, Fuzzy PIPRECIA-fuzzy EDAS model, Symmetry, 2020/5, Vol. 12, Issue 5, pp. 743, 2020
- [29] Nathanail E: Measuring the Quality of Service for Passengers on the Hellenic Railways, Transportation Research Part A, Policy and Practice, Vol. 42, Issue 1, pp. 48–66, 2008.
- [30] Vesković S, Stojić G, Stević Ž, Vasiljević M, Rajilić S: Application Of Fuzzy Ahp Method For Profit Analysis Of Railway Operators With PSO, p.p. 105 – 108, XVII Scientific - Expert Conference on Railways – RAILCON 16, Faculty of Mechanical Engineering Niš, ISBN 978-86-6055-086-8, Niš, Serbia, 2016.
- [31] Blagojević A: Modeliranje efikasnosti i efektivnosti željezničkih operatera, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu – Fakultet tehničkih nauka, 2016.
- [32] Blagojević A, Vesković S, Stojić G: Dea model za ocjenu efikasnosti i efektivnosti željezničkih putničkih operatera, Železnice, 2017(2), 81-94, 2019.
- [33] Ming - Miin Y, Lin E. T. J: Efficiency and effectiveness in railway performance using multi-activity network DEA model, Omega, International Journal of Management Science, Vol. 36, No. 6, pp 1005-1017, 2008.
- [34] Opsenica M: Planiranje saobraćaja.
- [35] Čičak M, Vesković S: Organizacija željezničkog saobraćaja II, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, 2005.
- [36] Mehanović M: Planiranje ponude usluga u gradskom prometu putnika, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo, 2011.
- [37] Vesković S, Milinković S, Stojić G, Pavlović N, Belošević I: One Approach to Forecasting Methodology in Rail Passenger Traffic, Transport for Today's Society, The Faculty of Technical Sciences - University St. Kliment Ohridski Bitola, North Macedonia, Proceedings, ISBN 978-9989-786-63-1, DOI 10.20544/TTS2021.1.1.21, Bitola, 2021.
- [38] Čičak M: Modeliranje u železničkom saobraćaju. Saobraćajni fakultet, Beograd, 2003.
- [39] Milinković, S, Vesković S, Marton P, Mašek J: Regional passenger rail concept: Evidence from services in Serbia and Slovakia. In New Horizons of Transport, pp. 290-298, 2017.
- [40] Linstone H. A, Turoff M: The Delphi method. Addison - Wesley Reading, MA, 1975.
- [41] Vračarević R: Osnove planiranja saobraćaja, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Saobraćajni odsek, Novi Sad, 2002.
- [42] Vesković S, Milinković S: Zbirka zadataka iz planiranja, tehnologije i eksploatacije željezničkog saobraćaja, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2018.