

SAOBRAĆAJNI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU

Dr Jadranka JOVIĆ
Maja POPOVIĆ

**ZBIRKA ZADATAKA
IZ
PLANIRANJA SAOBRAĆAJA**

BEOGRAD
1998.

ZBIRKA ZADATAKA IZ PLANIRANJA SAOBRAĆAJA
Dr Jadranka JOVIĆ, Maja POPOVIĆ

► **Recenzent:**

Dr Smiljan VUKANOVIĆ, dipl.inž.
redovni profesor Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Na osnovu odluke Uređivačkog odbora Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu broj 501/2 od 29.7.1998. godine, odobrava se za upotrebu u nastavi kao pomoćni udžbenik

► **Glavni i odgovorni urednik:**

Dr Smiljan VUKANOVIĆ, redovni profesor

► **Korice:**

Dr Petar STANKOVIĆ, vanredni profesor
Predrag S. ZDRAVKOVIĆ, inž. saobraćaja

► **Tehnički urednik:**

Gordana MARJANOVIĆ

► **Izdavač:**

Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu
Beograd, Vojvode Stepe 305

► **Kompjuterska priprema i štampa:**

Služba za izdavačku delatnost Saobraćajnog fakulteta

► **Tiraž:**

200 primeraka

YUISBN 86-7395-061-9

Izdavač zadržava sva prava. Reprodukција pojedinih delova ili celine ove publikacije nije dozvoljena

S a d r ž a j

U V O D	1
1. SAOBRAĆAJNA ISTRAŽIVANJA	3
2. MODELI NASTAJANJA KRETANJA	31
2.1. Regresiona analiza	32
2.2. Kategorijska analiza	38
3. MODELI PROSTORNE RASPODELE KRETANJA	41
3.1. Model jedinstvenog faktora porasta	42
3.2. Model prosečnog faktora porasta	43
3.3. Fratar model	45
3.4. Detroit model	48
3.5. Gravitacioni model	50
4. MODELI RASPODELE PO NAČINU KRETANJA - MODAL SPLIT -	65
4.1. Metod diverzionih krivih	66
4.2. Diskriminantna analiza	77

5. FORMIRANJE MREŽE I MODELI OPTEREĆENJA MREŽE	81
6. VREDNOVANJE	93
6.1. Analiza troškova i koristi	94
6.2. Metode višekriterijumske analize	96
6.2.1. Metoda SAW	96
6.2.2. PROMETHEE	98
LITERATURA	103
SPISAK POJMOVA	105
BELEŠKA O AUTORIMA	113

Uvod

Ova zbirka je sastavljena na osnovu nastavnog programa predmeta "Planiranje saobraćaja", na Odseku za drumski i gradski saobraćaj i transport Saobraćajnog fakulteta u Beogradu. Materija izložena u zbirci odnosi se u najvećoj meri na deo nastavnog programa koji se obrađuje u okviru vežbi. U toku izrade zbirke korišćeni su materijali iz pojedinih saobraćajnih studija u čijoj izradi je jedan od autora učestvovao. Takođe su uneta ranija iskustva iz rada na vežbama iz predmeta "Planiranje saobraćaja"

Autori

Saobraćajna istraživanja

Početa faza u lancu planerskog posla je prikupljanje podataka o postojećem stanju transportnog sistema. Slede analiza i ocena stanja. Potom, prognoza transportnih zahteva, generisanje rešenja, vrednovanje i odabir optimalnog rešenja. Od informacione osnove, kao temelja planerskog posla, zavisi kvalitet celog daljeg toka pa i predloga rešenja. Kvalitetno prikupljena i obradena informaciona osnova je preduslov za kvalitetno uraden planerski posao.

U saobraćajnom planiranju pored informacija o prostoru, privredi i stanovništvu neophodno je prikupiti podatke o karakteristikama transportnog sistema. U ovu grupu podataka spadaju:

- podaci o karakteristikama kretanja
- podaci o voznom parku
- podaci o uličnoj mreži
- podaci o javnom prevozu putnika
- podaci o prostoru za parkiranje
- podaci o objektima saobraćajne infrastrukture, itd.

Izuzev podataka o karakteristikama kretanja, većina ostalih podataka iz ove grupe mogu se dobiti iz već postojećih statistika.

Za utvrđivanje karakteristika kretanja moraju se sprovesti saobraćajna istraživanja. Tipične istraživačke aktivnosti su one koje mogu pružiti informacije o:

- dnevnoj mobilnosti stanovništva
- prostornoj raspodeli kretanja
- vremenskoj raspodeli kretanja

- raspodeli kretanja po načinu
- raspodeli kretanja po svrhama.

Višedecenijska iskustva u oblasti planiranja saobraćaja istraživačkog tima Katedre za planiranje saobraćaja, Saobraćajnog fakulteta u Beogradu, upućuju na to da su tipična saobraćajna istraživanja koja mogu da posluže za formiranje informacione osnove, sledeća:

- Anketa domaćinstva o dnevnim kretanjima
- Anketa spoljnih putnika na terminalima
- Anketa putnika i tereta na spoljnim kordonima
- Anketa javnih prevoznika tereta u gradu
- Snimanje parametara saobraćajnog toka
- Brojanja saobraćaja

Sve ankete se rade na određenom uzorku. Veličina uzorka zavisi od ciljeva istraživanja, postojanja informacija iz prethodnih istraživanja, od raznih materijalnih i organizacionih ograničenja itd. Tako, na primer, postoje preporuke o veličini uzorka za anketu domaćinstava u odnosu na broj stanovnika grada ili područja koje obuhvata studija su sledeće[7]:

Tabela 1. Veličina uzorka za anketu domaćinstava u odnosu na broj stanovnika grada

Broj stanovnika u području	Min. veličina uzorka za istraživanja u Srbiji (%)	Veličina uzorka po preporuci Američkog biroa za puteve (%)
do 50.000	10.0	20.00
50.000- 150.000	5.0	12.50
150.000- 300.000	3.0	10.00
300.000- 500.000	2.0	6.67
500.000- 1.000.000	1.5	5.50
preko 1.000.000	1.0	4.00

Cilj nabrojanih istraživanja jeste:

- da se utvrdi ukupan obim kretanja u 24 časa na definisanom području
- da se utvrdi vremenska raspodela kretanja
- da se utvrdi prostorna raspodela kretanja
- da se utvrdi raspodela kretanja po svrhama
- da se utvrdi raspodela kretanja po načinu

Nakon definisanja ciljeva istraživanja, neophodno je definisati obuhvatnost i metod istraživanja.

Dosadašnja iskustva pokazuju da je najefikasnija tehnika, tehnika direktnog intervjua, zato posebnu pažnju treba obratiti na organizaciju anketa.

Jedan od preduslova za uspešno prikupljanje podataka je i dobro formiran anketni obrazac.

➔ Primer 1:

Za potrebe izrade saobraćajne studije hipotetičkog grada potrebno je sprovesti anketu domaćinstava. Odrediti veličinu uzorka na kome se radi anketa.

Grad ima 85 000 stanovnika i oko 25 000 domaćinstava. Kako odrediti spisak domaćinstava koje treba anketirati?

➤ Rešenje:

S obzirom na veličinu grada (85 000 st.), veličina uzorka koja se preporučuje je 5 do 12,5% (tabela 1). Pošto grad spada u manje gradove bolje je, u skladu sa zahtevima i ograničenjima, usvojiti veći uzorak, pa se usvaja uzorak od 10%.

Uzorak je veličine oko 8 000 stanovnika, odnosno oko 2500 domaćinstava.

Spisak domaćinstava za anketu se može sačiniti na osnovu liste korisnika iz odgovarajuće elektrodistribucije, koja je razvrstana po saobraćajnim zonama. Za svaku saobraćajnu zonu se korakom "svaki deseti sa spiska" (10%) odabiraju domaćinstva koja će biti anketirana. Pri tome se napravi i rezervni spisak domaćinstava koja mogu biti anketirana.

➔ Primer 2:

Za prethodno navedeni grad odrediti orijentacioni broj saobraćajnih zona i navesti potrebnu dokumentaciju za definisanje zonskog sistema.

➤ Rešenje:

Broj saobraćajnih zona može se odrediti u odnosu na broj stanovnika grada. Preporuke su date u tabeli 2.

Tabela 2. Broj saobraćajnih zona u odnosu na veličinu grada

Broj saobraćajnih zona	20	30	40	50
Broj stanovnika (u hilj.)	50	100	200	400

S obzirom da grad ima 85 000 stanovnika preporučuje se da broj unutargradskih saobraćajnih zona bude između 27 i 30, zavisno od specifičnosti grada.

Dokumentacija potrebna za definisanje zonskog sistema je sledeća:

- Važeći urbanistički planovi (DUP, GUP)
- Podloge sa brojem stanovnika po statističkim krugovima ili urbanističkim blokovima
- Namena površina sa gustinama aktivnosti
- Popis domaćinstava iz elektrodistribucije i sl.

➔ Primer 3:

Sačiniti sve potrebne obrasce za standardnu anketu domaćinstava u slučaju kada prethodno nisu rađena saobraćajna istraživanja.

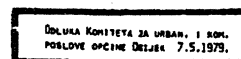
➤ Rešenje:

Za anketu domaćinstva potrebno je sačiniti sledeće obrasce:

- upitnik o domaćinstvu
- individualni upitnik
- upitnik o dnevnim kretanjima
- podsetnik o dnevnim kretanjima
- kontrolnik

Na sledećim stranama dati su obrasci za anketu domaćinstva⁽¹⁾

⁽¹⁾ Anketni obrasci su preuzeti iz saobraćajne studije Osijeka [11]; Strane 8, 9 i 10 kao i 14, 15 i 16 predstavljaju po jedan obrazac.



ANKETA DOMAĆINSTAVA

UPITNIK ZA DOMAĆINSTVO

-POPUNJAVA SAMO STARJEŠINA DOMAĆINSTVA-

1. REDNI BROJ DOMAĆINSTVA U KONTROLNIKU

ANKETA JE ANONIMNA

- | | | | |
|---|----------------------|----|----------------------|
| 2. UKUPAN BROJ ČLANOVA DOMAĆINSTVA | <input type="text"/> | 9 | <input type="text"/> |
| 3. UKUPAN BROJ DJECE MLADJE OD 6 GODINA | <input type="text"/> | 11 | <input type="text"/> |
| 4. BROJ VOZILA KOJE POSJEDUJE DOMAĆINSTVO | | | |
| - BICIKL (ZA ODRASLE) | <input type="text"/> | 12 | <input type="text"/> |
| - MOTOCIKLI | <input type="text"/> | 13 | <input type="text"/> |
| - PUTNIČKI AUTOMOBILI | <input type="text"/> | 14 | <input type="text"/> |
| - TERETNA VOZILA | <input type="text"/> | 15 | <input type="text"/> |
| - TRAKTORI | <input type="text"/> | 16 | <input type="text"/> |
| - ZAPREŽNA VOZILA | <input type="text"/> | 17 | <input type="text"/> |
| 5. UKUPNA KILOMETRAŽA SVIH PUTNIČKIH AUTOMOBILA U PORODICI ZA GODINU DANA | | | |
| - U GRADU _____ | <input type="text"/> | 18 | <input type="text"/> |
| - IZVAN GRADA _____ | <input type="text"/> | 19 | <input type="text"/> |
| 6. GDJE PARKIRATE PUTNIČKO VOZILO PREKO NOĆI | <input type="text"/> | 20 | <input type="text"/> |
| 7. DA LI DOMAĆINSTVO POSJEDUJE OBRADIVO ZEMLJIŠTE | 1. Da 2. Ne | 21 | <input type="text"/> |
| 8. DA LI JE NETKO OD ČLANOVA DOMAĆINSTVA NA PRIVREMENOM RADU U INOZEMSTVU, KOLIKO ČLANOVA _____ | <input type="text"/> | 22 | <input type="text"/> |

9. UKUPAN GODIŠNJI PRIHOD DOMAĆINSTVA PO SVIM OSNOVAMA

	DO 50.000.- DIN.	1
OD 50.000	DO 75.000.- DIN.	2
OD 75.000	DO 100.000.- DIN.	3
OD 100.000	DO 150.000.- DIN.	4
OD 150.000	DO 200.000.- DIN.	5
OD 200.000	DO 300.000.- DIN.	6
OD 300.000	DO 400.000.- DIN.	7
OD 400.000	DO 500.000.- DIN.	8
	PREKO 500.000.- DIN.	9

23

10. KOLIKO PUTA GODIŠNJE IDETE IZVAN OSIJEKA

NA VIKEND _____

24

11. U KOJE MJESTO _____

26

12. KOJIM PRIJEVOZNIIM SREDSTVOM _____

28

13. U KOM MJESTU (ILI ZEMLJI) STE PROVELI PROŠLOGODIŠNJI GODIŠNJI ODMOR SA PORODICOM

U ZEMLJI

U INOZEMSTVU

U OKOLINI OVIH GRADOVA

1. PULA	1. ENGLESKA
2. RIJEKA	2. FRANCUSKA
3. ZADAR	3. ŠPANJOLSKA
4. SPLIT	4. ITALIJA
5. TIVAT	5. MADJARSKA
6. DUBROVNIK	6. AUSTRIJA
7. TITOGRAĐ	7. NJEMAČKA
8. OHRID	8. ŠVICARSKA
9. LJUBLJANA	9. GRČKA
10. ZAGREB	10. SKANDINAVSKE ZEMLJE
OSTALO _____	OSTALO _____

29

14. DA LI BI NA TAJ ODMOR IŠLI AVIONOM DA JE POSTOJAO AERODROM U OSIJEKU

1. DA

2. NE

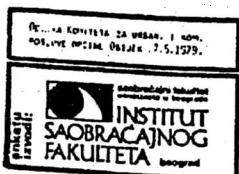
31

MOLIMO VAS DA, UKOLIKO TO ŽELITE, IZNESETE PRIMJEDBE VAŠE PORODICE NA SADAŠNJE STANJE U SAOBRAĆAJU OSIJEKA KAO I EVENTUALNE ZAHTEJEVE I ŽELJE KOJE SMATRATE ZNAČAJNIM ZA BUDUĆE STANJE.

MOLIMO VAS DA PIŠETE ČITKO. VAŠI ODGOVORI BIT ĆE NAM DRAGOCJENI.

HVALA NA SARADNJI !

PRIMJEDBE I SUGESTIJE:



ANKETA DOMAĆINSTAVA

INDIVIDUALNI UPITNIK

- POPUNJAVAJU SVA LICA STARIJA OD 6 GODINA -

1. REDNI BROJ DOMAĆINSTVA U KONTROLNIKU
2. REDNI BROJ ANKETIRANOG ČLANA DOMAĆINSTVA

3. GODINE STAROSTI _____

4. DA LI STE ZAPOSLENI _____
1. U STALNOM RADNOM ODNOSU
 2. POVREMENO ILI HONORARNO
 3. NEZAPOSLENI

5. ADRESA RADNOG MJESTA (ZA DJAKE I STUDENTE
ADRESA ŠKOLE) _____

6. DJELATNOST U KOJOJ STE ZAPOSLENI (ZA DJAKE
I STUDENTE VRSTA ŠKOLE) _____

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 01. INDUSTRIJA I RUDARSTVO | 09. KULT.-PROSV. I NAUČNA DJELAT. |
| 02. POLJ. I ŠUM. (SA LOVOM I RIB.) | 10. ZDRAVSTVENA I SOC. DJELAT. |
| 03. GRADJEVINARSTVO | 11. ORGANI UPRAVE I PRAVOSUDJA |
| 04. SAOBRAĆAJ | 12. FINANSIJE I OSIGURANJE |
| 05. TRGOVINA | 13. ORGANI BJEZBEDNOSTI I JNA |
| 06. UGOSTITELJSTVO | 14. SLOBODNE PROFESIJE |
| 07. ZANATSTVO | 15. OSTALE DJELATNOSTI |
| 08. STAMBENA I KOM. DJELATNOST | |

REDNI BROJ KRETANJA	MJESTO POLASKA (NASELJE, ULICA I BROJ)	MJESTO DOLASKA (NASELJE, ULICA I BROJ)	VRSTA AKTIVNOSTI <small>1. Stambena 2. Poslovanje 3. Učenje 4. Posao 5. Služba 6. Učenje i nastava 7. Razgovor i rekreacija 8. Ostalo</small>	N A Č I N KRETANJA <small>1. Pešice 2. Bicikl 3. "Motocikl" 4. Put. aut.-vozila 5. Put. aut.-prikolice 6. Put. aut.-prijetlozi 7. Motoski vozila 8. Put. rad. organa 9. Drugo</small>	VRIJEME POLASKA		VRIJEME DOLASKA		VRIJEME PUSJAKENJA (U MINUTIMA I SEKUNDAMA)	
					SAT	MINUTA	SAT	MINUTA	DO SREĐSTVA PRIJE I NAPOLJNE DJELEKLA	DO SREĐSTVA POSLE DJELEKLA
1	15	15	22	21	24	27	25	31	33	35
2	35	41	44	45	46	47	51	52	55	57
3	40	43	55	57	58	59	59	59	57	59
4	11	19	32	33	21	21	29	31	33	35
5	31	41	44	45	46	47	51	53	55	57
6	10	43	66	67	61	60	59	59	57	59
7	11	19	22	23	24	25	27	29	31	33
8	31	41	44	45	46	47	51	53	55	57
9	10	43	66	67	61	60	59	59	57	59

**ANKETA DOMAĆINSTAVA**

PODSETNIK O DNEVNIM KRETANJIMA
Na dan ankeete ovaj podsetnik ponosite
sa sobom.

U slučaju potrebe Molimo Vas da u podse-
pozovite telefon tnik upišite sva kretanja
22-395 koja budete obavili.
U sredu od 00-24 časa

MESTO POLASKA naselje, ulica i broj	MESTO DOLASKA naselje, ulica i broj	SVRHA KRETANJA	VREME POLASKA		VREME DOLASKA	
			čas	minut	čas	minut

MOLIMO PRENESITE OVE PODATKE U INDIVIDUALNI
UPITNIKI

ODLUKA KOMITETA ZA URBAN. I KON.
POSLOVE OPĆINE ČS1/JEK 7.5.1979.

**ANKETA DOMAĆINSTAVA**

KONTROLNIK ANKETE

PREZIME I IME
ANKETARA _____

➔ **Primer 4:**

Sačiniti obrazac za anketu domaćinstava ukoliko su prethodno vršena saobraćajna istraživanja i obrazac za kontrolna brojanja saobraćaja na raskrsnicama.

➤ **Rešenje:**

Obrazac za anketu domaćinstava prikazan je na stranama 17, 18, 19 i 20 i predstavlja jedan obrazac, a obrazac za kontrolno brojanje prikazan je na strani 21.

➔ **Primer 5:**

Načiniti plan opreme anketnog punkta za anketu na spoljnom kordonu.

➤ **Rešenje:**

Šema je data na strani 22.

➔ **Primer 6:**

Načiniti obrazac za anketu tereta na spoljnom kordonu:

➤ **Rešenje:**

Obrazac je dat na strani 23.

➔ **Primer 7:**

Za potrebe izrade saobraćajne studije hipotetičkog grada potrebno je sprovesti anketu na spoljašnjem kordonu i u okviru ankete izvršiti brojanje saobraćaja na spoljašnjem kordonu.

Iz prethodno izvršenih brojanja saobraćaja utvrđeno je da je protok vozila na ulazno-izlaznom pravcu, gde se vrši anketa, oko 2 900 vozila na dan.

Određena je veličina uzorka od 33%, što znači da treba anketirati oko 990 vozila na dan. Vršni čas traje od 16 do 17 h, a veličina vršnog časa je 12%. Dimenzionisati broj ljudi koji će raditi po smenama na datom anketnom punktu.

➤ **Rešenje:**

Dimenzionisanje broja anketara vrši se u odnosu na vršni čas. S obzirom da vršni čas iznosi 12% od ukupnog dnevnog opterećenja to je 350 vozila na čas. Uzimajući u obzir da uzorak iznosi 33% to će biti potrebno anketirati 115 vozila u vršnom času. Vreme anketiranja jednog vozača iznosi 3 min., što znači da jedan anketar može da anketira do 20 vozila za sat, pa za anketiranje 115 vozila na sat potrebno je 6 anketara. Za jednu smenu ukupan broj potrebnih ljudi za rad na punktu (po jednom smeru) je: 6 anketara, 1 brojač, 1 kontrolor i 1 milicioner.

- ANKETA JE ANONIMNA -	
saobraćajni fakultet univerziteta u Beogradu INSTITUT SAOBRAĆAJNOG FAKULTETA BEOGRAD	BETRAS '84 ODLUKA SKUPŠTINE GRADA BEOGRADA OD 1.3. 1984. ANKETA DOMAĆINSTAVA
ZAVOD ZA PLANIRANJE RAZVOJA GRADA BEOGRADA	
- KARAKTERISTIKE DOMAĆINSTAVA -	
REDNI BROJ DOMAĆINSTAVA: _____	_____
ADRESA: _____	_____
1. KOLIKO ČLANOVA IMA VAŠE DOMAĆINSTVO? OD TOGA STARIJIH OD 6 GODINA? _____	
2. KOLIKO JE ZAPOSLENIH ČLANOVA DOMAĆINSTVA? _____	
3. KOLIKO ČLANOVA IDE U ŠKOLU? - OSNOVNU _____ - SREDNJU _____ - FAKULTET ILI VIŠU ŠKOLU _____	
4. KOLIKO VOZILA POSEDUJE VAŠE DOMAĆINSTVO? - PUTNIČKIH AUTOMOBILA _____ - BICIKALA (ZA ODRASLE) _____	
5. KOLIKI JE UKUPAN MESEČNI PRIHOD VAŠEG DOMAĆINSTVA, PO SVIM OSNOVAMA (LIČNI DOHOCI, PENZIJE, STIPENDIJE, IZDAVANJE STANA I SL.) / APSOLUTNI IZNOS / _____ DINARA MESEČNO	
6. OD KOJE GODINE VAŠE DOMAĆINSTVO ŽIVI NA OVOJ ADRESI? _____	
NAPOMENE: 	
ANKETAR: _____	ŠIFRANT: _____

POPUNJAVAJU SAMO OSOBE STARIJE OD 14 GODINA

BETRAS '84	ANKETA DOMAĆINSTAVA
- KARAKTERISTIKE KRETANJA -	
<p>MOLIMO VAS DA NAVEDETE PO REDOSLEJU KRETANJA KOJA SU OBRVILI ČLANOVI VAŠEG DOMAĆINSTVA POSLEDNJEG RADNOG DANA PRE ANKETE: U KOJE SVRHE, KOJIM NAČINOM I U KOJE VREME?</p>	

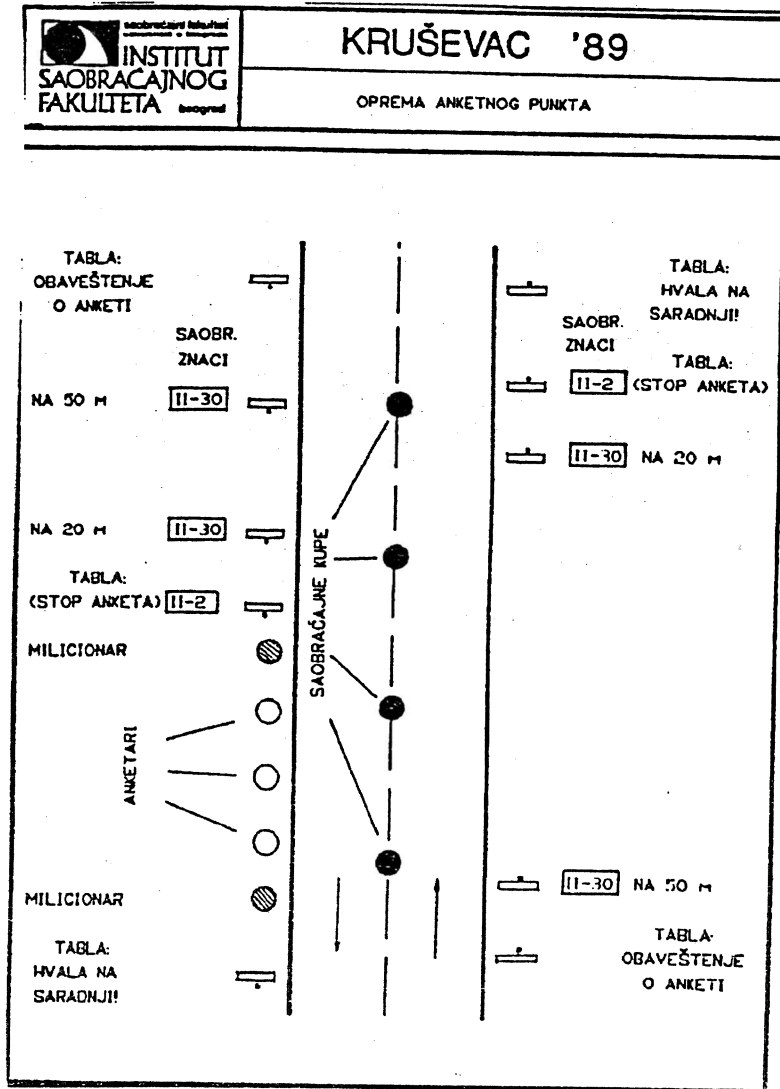
CLAN							
ZANIMANJE: _____							
ADRESA I NAZIV RADNE ORGANIZACIJE /ŠKOLE /: _____							
red. br. kretanja	SVRHA KRETANJA	NAČIN KRETANJA	VREME		ZONA		
			POLASKA	DOLASKA	POLASKA	DOLASKA	
15	1	1	11	12	13	14	15
16	2	2	21	22	23	24	16
17	3	3	31	32	33	34	17
18	4	4	41	42	43	44	18
19	5	5	51	52	53	54	19


CLAN							
ZANIMANJE: _____							
ADRESA I NAZIV RADNE ORGANIZACIJE /ŠKOLE /: _____							
red. br. kretanja	SVRHA KRETANJA	NAČIN KRETANJA	VREME		ZONA		
			POLASKA	DOLASKA	POLASKA	DOLASKA	
20	1	1	21	22	23	24	20
21	2	2	21	22	23	24	21
22	3	3	31	32	33	34	22
23	4	4	41	42	43	44	23
24	5	5	51	52	53	54	24

CLAN							
ZANIMANJE: _____							
ADRESA I NAZIV RADNE ORGANIZACIJE /ŠKOLE /: _____							
red. br. kretanja	SVRHA KRETANJA	NAČIN KRETANJA	VREME		ZONA		
			POLASKA	DOLASKA	POLASKA	DOLASKA	
25	1	1	31	32	33	34	25
26	2	2	31	32	33	34	26
27	3	3	31	32	33	34	27
28	4	4	31	32	33	34	28
29	5	5	31	32	33	34	29

CLAN							
ZANIMANJE: _____							
ADRESA I NAZIV RADNE ORGANIZACIJE /ŠKOLE /: _____							
red. br. kretanja	SVRHA KRETANJA	NAČIN KRETANJA	VREME		ZONA		
			POLASKA	DOLASKA	POLASKA	DOLASKA	
30	1	1	41	42	43	44	30
31	2	2	41	42	43	44	31
32	3	3	41	42	43	44	32
33	4	4	41	42	43	44	33
34	5	5	41	42	43	44	34

CLAN							
ZANIMANJE: _____							
ADRESA I NAZIV RADNE ORGANIZACIJE /ŠKOLE /: _____							
red. br. kretanja	SVRHA KRETANJA	NAČIN KRETANJA	VREME		ZONA		
			POLASKA	DOLASKA	POLASKA	DOLASKA	
35	1	1	51	52	53	54	35
36	2	2	51	52	53	54	36
37	3	3	51	52	53	54	37
38	4	4	51	52	53	54	38
39	5	5	51	52	53	54	39





INSTITUT SAOBRAĆAJNOG FAKULTETA
Beograd

KRUŠEVAC '89

ANKETA NA SPOLJAŠNEM KORIDORU

ANKETNO MESTO DATUM ČAS

INTERVAL SPER (1 ILI 2)

1	2	3	4	5	6	
VRSTA VOZILA	ODAKLE PUTUJETE? Mesto, opština - za Kruševac ili - ca i broj	GDE PUTUJETE? Mesto, opština - za Kruševac ili - ca i broj	kolicina tereta i nosivost vozila	vrsta tereta	vrste pakovanjs tereta	

ANKETAR:

SIFRANI:

BROJ LISTA:

➔ **Primer 10:**

Sačiniti uputstvo za rad anketara na spoljnom kordonu za anketu spoljnih putnika ili tereta.

➤ **Rešenje:**

UPUTSTVO ZA RAD ANKETARA ZA ANKETU NA SPOLJNOM KORDONU

Za ovakvu anketu koristi se obrazac koji u zaglavlju ispod opšteg naziva akcije nosi ime ANKETA NA SPOLJNOM KORDONU. Isti obrazac koristi se za anketu vozača svih vozila koja su na obrascu navedena u rubrici "vrsta vozila".

Jedan obrazac koristi se za anketu po 4 vozača.

Anketira se vozač datog prevoznog sredstva.

Obrazac možemo podeliti na četiri dela:

ZAGLAVLJE, koje pored naziva akcije, naziva obrasca sadrži i sledeće rubrike:

- Anketno mesto, upisuje se šifra koju će saopštiti rasporedni rukovodilac rada na anketnom punktu.
- Datum, upisuje se i mesec snimanja
- Čas, upisuje se jednosatni interval u kome je obrazac korišćen
- Interval, upisuje se redni broj 15-to minutnog intervala u satu. Ako obrazac nije pun, a završilo se određenih 15 minuta treba uzeti novi obrazac za narednih 15 minuta.
- Smer, anketa se vrši naizmenično po 15 minuta ka gradu i iz grada. Treba zaokružiti jedan od ponuđenih odgovora, zavisno od smera u kome se vrši anketa.

SREDNJI DEO OBRASCA sadrži sledeće rubrike:

- Vrsta vozila, upisuje se šifra 1 ili 2 koje su specificirane ispod radnog dela obrasca.
- Odakle putujete? Odgovor na ovo pitanje može biti dvojak:
 - putuje sa područja grada
 - putuje sa područja van grada

U prvom slučaju upisuje se i tačna adresa (ulica i broj) sa koje je otpočeto putovanje.

U slučaju da anketirani ne zna adresu potrebno je odrediti je približno.

U drugom slučaju upisuje se samo naziv mesta i opština kojoj to mesto pripada. Ako je mesto malo, nepoznato, a anketirani ne zna opštinu potrebno je da da naziv nekog većeg mesta u blizini.

U slučaju da anketirani ide iz nekog mesta van Jugoslavije treba upisati grad i zemlju.

- Gde putujete?, Anketar treba da popuni odgovor na ovo pitanje po potpuno istim principima kao i kod pitanja Odakle putujete?

Za vozila u tranzitu postavlja se pitanje zavisno od smera anketiranja:

- Kojim putem će te napustiti grad?
- Kojim putem ste došli u grad?

Anketar upisuje odgovor u rubriku.

Kako će anketar znati da se radi o tranzitu? Vozilom u tranzitu treba smatrati ono čiji vozač na pitanje "Odakle putujete?" i "Gde putujete?" nije naveo dotični grad.

- Broj osoba u vozilu ili količina tereta i nosivost vozila?

Ako se radi o putničkom automobilu anketar sam upisuje ukupan broj osoba u vozilu. Ako se radi o teretnom vozilu potrebno je uzeti izjavu vozača o količini tereta i nosivosti vozila.

Broj ispod naznačene crte označava nosivost teretnog vozila.

Ako je teretno vozilo bez tereta anketar upisuje 0/3, 0/15 itd.

- Zbog čega putujete ili vrsta tereta?

Ako se radi o putničkom automobilu anketar postavlja pitanje vozaču. Ispod radnog dela obrasca anketar ima navedene svrhe putovanja klasifikovane u nekoliko grupa. Anketar upisuje šifru svrhe kretanja. Ako ispitanik da neku svrhu koja nije navedena, anketar upisuje šifru za "ostalo". Ako ispitanik ima više svrha upisuje se glavna svrha.

1. Povratak kući
2. Odlazak na posao
3. Službeno
4. Školovanje
5. Kupovina
6. Ostalo

• Gde stanujete?

Ako se radi o vozaču putničkog vozila pri upisivanju odgovora na ovo pitanje mora se voditi računa da odgovor mora biti upisan prema istim principima koji važe i za pitanje "Odakle putujete?"

TREĆI DEO OBRASCA

U rubriku gde piše "Anketar" treba onaj ko je vršio anketu da se čITKO potpiše. Inicijali i razni zaštitni znaci se neće priznavati prilikom predaje materijala.

2. *Modeli nastajanja kretanja*

Pojam nastajanja kretanja odnosi se na utvrđivanje obima kretanja koja su započeta ili završena na određenom prostoru.

Postupak analize nastajanja kretanja sastoji se u iznalaženju metoda za uspostavljanje odgovarajuće funkcionalne zavisnosti između obima kretanja i namene površina i socio-ekonomskih karakteristika jedinice posmatranja (zona) u kojoj kretanja nastaju ili se završavaju. Na nastajanje kretanja utiču 3 faktora:

- intenzitet aktivnosti
- karakter aktivnosti
- razmeštaj aktivnosti.

Analitičke metode za modeliranje nastajanja kretanja bile bi:

- modeli koji utvrđuju broj kretanja u zavisnosti od razvoja područja;
- modeli koji koriste regresionu analizu za utvrđivanje zavisnosti broja kretanja od socio-ekonomskih faktora i namene površina
- modeli unakrsne klasifikacije ili kategorijske analize.

Postupak koji se najviše koristi je zasnovan na modelu linearne regresione analize.

2.1. Regresiona analiza

U ovom postupku se pretpostavlja linearan trend zavisnosti između broja kretanja (Y) i više nezavisno promenljivih (X_i), koja se može napisati u obliku:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_nx_n \quad \dots\dots\dots (1)$$

Parametri b_i se utvrđuju metodom najmanjih kvadrata:

$$\sum l_i = \min \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$l_i = (y_i - y_i^*)^2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

gde je:

y_i - snimljena vrednost

y_i^* - modelska vrednost

U slučaju linearne zavisnosti:

$$y = \alpha + \beta x \quad \dots\dots\dots(4)$$

Koeficijenti se računaju na sledeći način:

$$\beta = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$\alpha = \frac{\sum Y}{n} - \beta \left(\frac{\sum X}{n} \right) \quad \dots\dots\dots(6)$$

Osnovne pretpostavke i ograničenja vezana za primenu ove metode su:

- podrazumeva se linearna zavisnost između promenljivih;
- empirijska priroda postupka ne daje uzročno-posledične veze između promenljivih;
- pretpostavlja se da su dobijene vrednosti koeficijenata relevantne i za budućnost;

⇒ **Primer 1:**

Na osnovu podataka iz tabele 1 naći moguće linearne oblike zavisnosti Y (broj kretanja na dan) i X_i (broj stanovnika, stepen motorizacije, broj zaposlenih i broj radnih mesta).

Tabela 1. Korelativna zavisnost između zavisno promenljive Y i nezavisno promenljivih X_i

	Y	X_1	X_2	X_3	X_4
Y	1,00	0,32	0,92	0,95	0,62
X_1		1,00	0,25	0,19	0,03
X_2			1,00	0,99	0,29
X_3				1,00	0,33
X_4					1,00

Komentar:

- Broj kretanja Y je u slaboj korelativnoj zavisnosti (koeficijent korelacije blizak 0) sa nezavisno promenljivom X_1 , pa se X_1 može isključiti iz daljeg razmatranja.
- Nezavisno promenljive X_2 i X_3 su u jakoj korelativnoj zavisnosti (koeficijent korelacije blizak 1) tako da one ne mogu zajedno da figurišu u jednačini regresione prave.
- X_4 je u dobroj korelativnoj vezi sa Y , a u slaboj sa X_2 i X_3 tako da može ući zajedno sa ove dve nezavisno promenljive u jednačinu regresione prave.

Iz ovoga sledi:

$$\bullet Y = b_0 + b_1X_2 \quad \text{ili}$$

$$\bullet Y = c_0 + c_2X_3 \quad \text{ili}$$

$$\bullet Y = d_0 + d_1X_2 + d_2X_4 \quad \text{ili}$$

$$\bullet Y = e_0 + e_1X_3 + e_2X_4;$$

Bilo koja od ovih jednačina može se koristiti za prognozu nastajanja kretanja.

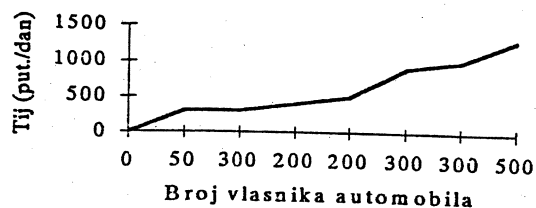
⇒ **Primer 2:**

- Kalibracija regresionog modela

Kalibracija regresionog modela podrazumeva procenu numeričkih vrednosti regresione konstante i regresionih koeficijenata. U tabeli 2 dati su broj kretanja i broj vlasnika automobila po zonama.

Tabela 2. Br. kretanja i br. vlasnika automobila po zonama

Zona	1	2	3	4	5	6	7
Broj kretanja	500	300	1300	400	300	1000	900
Broj vlasnika automobila	200	50	500	200	300	300	300



Slika 1. Zavisnost broja kretanja od broja vlasnika automobila

Podaci sa slike ukazuju na linearan trend zavisnosti promenljivih Y i X .

Cilj kalibrisanja je da se podaci sa slike zamene matematičkim modelom, odnosno jednačinom prave.

Ovo je moguće izvesti "direktnim gledanjem" na grafik, ali je ova metoda prilično nepouzdana. Preciznija metoda za određivanje ove jednačine je metoda najmanjih kvadrata.

Po ovoj metodi rešenje je ona prava koja minimizira zbir kvadrata vertikalnih odstupanja od tačaka prave do snimljenog podatka.

Pomoću ove metode određujemo koeficijente α i β preko jednačina (5) i (6):

$$\beta = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\alpha = \frac{\sum Y}{n} - \beta \left(\frac{\sum X}{n} \right) \quad \dots\dots\dots (6)$$

n - broj sparenih snimljenih podataka

Jednačina prave, ovako dobijene, biće jednačina (4):

$$\hat{Y} = \alpha + \beta X \quad \dots\dots\dots (4)$$

\hat{Y} - je ocena (procena) generisanog saobraćaja

U narednoj tabeli 3 dati su podaci relevantni za regresionu analizu.

Tabela 3. Podaci za dobijanje regresione prave

	Y	X	X^2	XY
1	500	200	40000	100000
2	300	50	2500	15000
3	1300	500	250000	650000
4	400	200	40000	80000
5	300	300	90000	90000
6	1000	300	90000	300000
7	900	300	90000	270000
ΣX		1850		
ΣY	4700			
ΣX^2			602500	
ΣXY				1505000
$(\Sigma X)^2$		3422500		

Izračunate vrednosti koeficijenata, korišćenjem jednačina (5) i (6) su:

$$\beta = 0.23$$

$$\alpha = 610.64$$

Jednačina regresione prave glasi:

$$y = 610.64 + 0.23x$$

➔ Primer 3:

Na osnovu podataka o gustini stanovanja (X_1 - st./ha), broju stanovnika po zonama (X_2 - stanovnika u hiljadama) broju članova po domaćinstvu (X_3 - čl./dom.) i podacima iz ankete o broju putovanja (Y - kretanja na dan u hiljadama), datim u tabelama 4a i 4b, potrebno je:

- na osnovu pojedinačnih grafičkih prikaza, $Y = f(x_i)$, izvršiti analizu i izabrati odgovarajuću nezavisnu promenljivu (obrazložiti kriterijum izbora);
- za izabranu nezavisnu promenljivu X , naći jednačinu regresione prave;

Tabela 4a. Gustina stanovanja, broj stanovnika i broj članova domaćinstva po zonama (od zone 1 do 7)

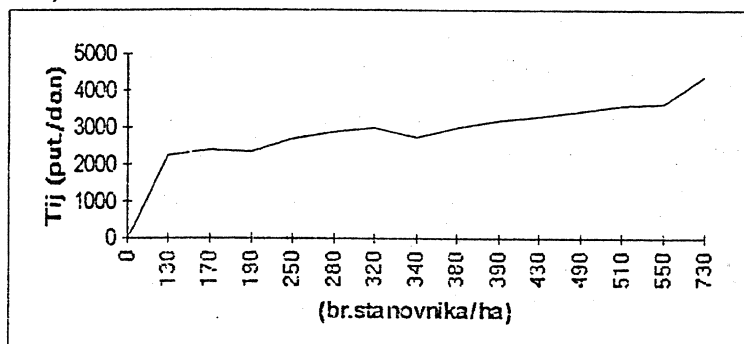
	1	2	3	4	5	6	7
X_1	550	510	250	320	190	170	430
X_2	3.90	4.10	1.60	2.70	1.20	0.90	3.10
X_3	1.2	2.1	3.5	2.8	3.6	2.1	1.6
Y	3.65	3.60	2.70	3.00	2.35	2.40	3.30

Tabela 4b. Gustina stanovanja, broj stanovnika i broj članova domaćinstva po zonama (od zone 8 do 14)

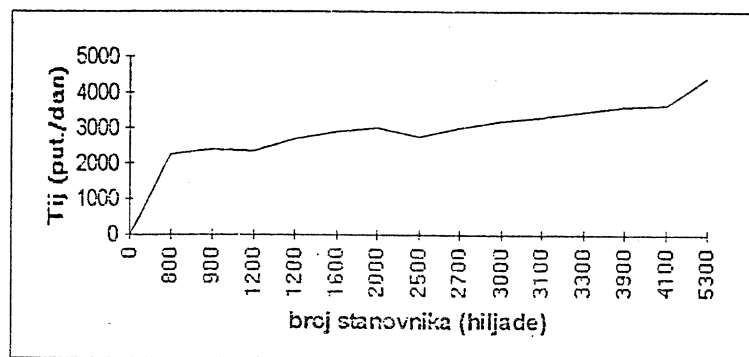
	8	9	10	11	12	13	14
X_1	380	130	730	340	390	490	280
X_2	1.20	0.80	5.30	2.50	3.00	3.30	2.00
X_3	3.9	2.9	1.1	1.3	2.4	3.4	2.2
Y	2.50	2.25	4.40	3.05	3.20	3.45	2.90

➤ Rešenje:

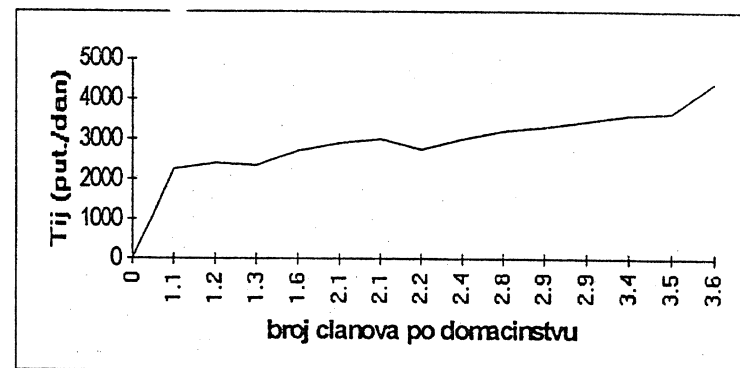
a)



Slika 2a. Grafik zavisnosti promjenljive Y (T_{ij} broj kretanja na dan) od X_1 (stanovnika/ha)



Slika 2b. Grafik zavisnosti promjenljive Y (T_{ij} broj kretanja na dan) od X_2 (broj stanovnika u hiljadama)



Slika 2c. Grafik zavisnosti promjenljive Y (T_{ij} broj kretanja na dan) od X_3 (članova po domaćinstvu)

Pretpostavlja se da je linearna zavisnost između promjenljivih sasvim primerena, pa se stoga odabira ona nezavisno promjenljiva čija veza sa zavisno promjenljivom najviše odgovara linearnoj.

Iz grafika na slikama 2a, 2b i 2c se vidi da veza između Y i X_1 najviše odgovara linearnoj, pa je zato odabrana nezavisno promjenljiva X_1 za formiranje jednačine regresione prave.

b)

Tabela 5. Ulazni podaci za regresionu analizu

	X_1	Y	$X_1 Y$	X_1^2
1	750	3650	2007500	302500
2	510	3600	1836000	260100
3	250	2700	675000	62500
4	320	3000	960000	102400
5	190	2350	446500	36100
6	170	2400	408000	28900
7	430	3300	1419000	184900
8	380	2750	1595000	336400
9	130	2250	292500	16900
10	730	4400	3212000	532900
11	340	3050	1037000	115600
12	390	3200	1248000	152100
13	470	3750	1621500	220900
14	280	2900	812000	78400
Σ	5340	43000	17570000	2430600

Koeficijenti α i β su:

$$\beta = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$\beta = 2.29,$$

$$\alpha = \frac{\sum Y}{n} - \frac{\beta(\sum X)}{n}$$

$$\alpha = 1939.49$$

Jednačina regresione prave i koeficijent korelacije su:

$$y = 1939.49 + 2.29x$$

$$r = 0.769$$

S obzirom na to da je koeficijent korelacije visok, znači da postoji velika korelativna zavisnost između Y i X , pa se gornja jednačina prave može koristiti za prognozu obima putovanja.

2.2. KATEGORIJSKA ANALIZA

Ova tehnika se sastoji u tome da se promene jedne promenljive mere preko promena dve ili više drugih promenljivih. Broj "n", nezavisno promenljivih, se raspoređuje u dve ili više pripadajućih grupa čineći "n" dimenzionalnu matricu. Jedan od mogućih oblika je kubna matrica čije strane mogu biti na primer, struktura domaćinstva, kategorija dohotka, broj automobila po domaćinstvu itd.

Ovaj metod je dalje unapređen. Sada je jedinica osmatranja domaćinstvo, a osnovna pretpostavka na kojoj se zasniva postupak analize i prognoze kretanja je, da će jednom utvrđeni odnosi između broja kretanja i karakteristika domaćinstva po pojedinim kategorijama ostati nepromenjeni i u budućnosti, sve dok se faktori, značajni za analizu, bitno ne promene.

Na osnovu broja kretanja koji generiše svaka kategorija domaćinstva i poznajući broj takvih domaćinstava za dati planski period, moguće je odrediti i ukupan obim saobraćajnih potreba za različite svrhe i načine kretanja.

➔ Primer 1:

Na osnovu socio-ekonomskih istraživanja jednog područja utvrđene su sledeće karakteristike značajne za kategorijsku analizu.

Prihod po domaćinstvu:

1. manje od 1500 din. - nizak prihod
2. od 1500 - 3500 din. - srednji prihod
3. više od 3500 din. - visok prihod

Broj automobila po domaćinstvu:

1. ni jedan;
2. jedan;
3. dva i više;

Struktura domaćinstva:

1. 1-3 osobe u domaćinstvu
2. 4 i više osoba u domaćinstvu

Analizom, kojom su uzeti u obzir i gustina stanovanja, namena površina, svrha kretanja itd., utvrđeni su faktori generisanja kretanja, dati u tabeli 5.

Tabela 5. Faktori generisanja kretanja

Broj automobila po domaćinstvu	Nivo prihoda po domaćinstvu		
	nizak	srednji	visok
nula	3.4 ^a	3.6 ^a	3.9 ^a
	4.9 ^b	5.1 ^b	5.2 ^b
jedan	5.2 ^a	7.3 ^a	7.9 ^a
	6.9 ^b	8.3 ^b	10.2 ^b
dva i više	5.8 ^a	8.0 ^a	10.8 ^a
	7.2 ^b	11.6 ^b	12.8 ^b

^a - domaćinstvo sa 1-3 člana

^b - domaćinstvo sa 4 i više članova

Proceniti generisanje kretanja za zone 1 i 2 za koje je poznato sledeće:

- Zona 1:

- 100 domaćinstava sa niskim prihodom, bez automobila i sa tri člana po domaćinstvu;
- 200 domaćinstava sa niskim prihodom, bez automobila i sa četiri člana po domaćinstvu;
- 300 domaćinstava sa srednjim prihodima, sa jednim automobilom i četiri člana po domaćinstvu;
- 50 domaćinstava sa visokim prihodom, sa dva automobila i pet članova po domaćinstvu;

- Zona 2:

- 90 domaćinstava sa niskim prihodom, bez automobila i sa tri člana po domaćinstvu;
- 230 domaćinstava sa niskim prihodom, bez automobila i sa četiri člana po domaćinstvu;
- 120 domaćinstava sa niskim prihodom, sa jednim automobilom i tri člana po domaćinstvu;
- 290 domaćinstava sa srednjim prihodima, sa jednim automobilom i četiri člana po domaćinstvu;
- 75 domaćinstava sa visokim prihodom, sa dva automobila i pet članova po domaćinstvu;

➤ **Rešenje:**

Produkcija zone 1 je:

$$(100 \times 3.4) + (200 \times 4.9) + (300 \times 8.3) + (50 \times 12.8) = 4450 \text{ kretanja na dan}$$

Produkcija zone 2 je:

$$(90 \times 3.4) + (230 \times 4.9) + (120 \times 5.2) + (290 \times 8.3) + (75 \times 12.8) = 5424 \text{ kretanja na dan}$$

3.

Modeli prostorne raspodele kretanja

Pod prostomom raspodelom kretanja podrazumeva se utvrđivanje intenziteta kretanja između parova zona u prostoru.

S obzirom da su saobraćajne zone definisane u prostoru, prostorna raspodela kretanja može se predstaviti matricom (ij) u kojoj elementi matrice (t_{ij}) predstavljaju intenzitet kretanja između zone (i) i zone (j) .

U analizi postojećeg stanja ova matrica se utvrđuje anketiranjem učesnika u saobraćaju.

Za prognozu prostorne raspodele putovanja koriste se različite metode, koje se mogu svrstati u dve kategorije:

- modeli faktora porasta i
- sintetički modeli.

U modele faktora porasta svrstavamo sledeće:

- model jedinstvenog faktora porasta
- model prosečnog faktora porasta
- Fratar model
- Detroit model

3.1. Model jedinstvenog faktora porasta

Ovo je najstariji i najjednostavniji model. Sastoji se u izračunavanju faktora porasta za čitavo područje za koje se radi prognoza i tim faktorom se množi postojeća matrica kretanja.

Rezultat je prognozirana matrica kretanja (t_{ij}).

Prognozirani broj kretanja na dan između zona i i j , po ovom modelu, izračunava se pomoću formule:

$$T_{ij} = t_{ij}F \quad (\text{kretanja/dan}) \quad \dots\dots\dots(7)$$

gde je:

T_{ij} – budući broj kretanja iz i u j

t_{ij} – sadašnji broj kretanja iz i u j

F – faktor porasta za čitavo područje za koje se radi prognoza

$$F = \frac{\sum_i^n T_i}{\sum_i^n t_i} = \frac{\sum_j^n T_j}{\sum_j^n t_j} \quad \dots\dots\dots(8)$$

$\sum T_j$ – ukupan broj kretanja u ciljnoj godini

$\sum t_j$ – ukupan broj kretanja u baznoj godini

➔ **Primer 1:**

Data je matrica razmene kretanja (tabela 1) u postojećem stanju. Na osnovu modela jedinstvenog faktora rasta prognozirati buduću razmenu kretanja između zona.

– Postojeće stanje

Tabela 1. Postojeća razmena kretanja između zona

$i \ j$	1	2	3	4	t_i	T_i	F
1	0	20	30	15	65		
2	20	0	10	40	70		
3	30	10	0	35	75		
4	15	40	35	0	90		
t_j	65	70	75	90	300	700	2,33

i – zona

j – zona

t_i – suma kretanja u zone i

t_j – suma kretanja u zone j

F – faktor porasta

T_i – ukupan broj putovanja

– Prognoza

Broj kretanja iz zone i u zonu j je:

$$T_{ij} = t_{ij}F \quad (\text{kretanja na dan})$$

Na osnovu ove relacije dobija se buduća matrica međuzonske razmene kretanja, prikazana u tabeli 2.

Tabela 2. Prognozirani broj kretanja između zona

	1	2	3	4	T_i
1	0	47	70	35	152
2	47	0	23	93	163
3	70	23	0	82	175
4	35	93	82	0	210

3.2. Model prosečnog faktora porasta

Prognozirani broj kretanja, po ovom modelu jednak je:

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot \frac{(F_i + F_j)}{2} \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$F_i = \frac{T_i}{t_i} \quad F_j = \frac{T_j}{t_j} \quad \dots\dots\dots(10)$$

gde je:

T_{ij} – budući broj kretanja iz i u j

t_{ij} – postojeći broj kretanja iz i u j

F_i i F_j – faktori porasta zone i i zone j

T_i i T_j – ukupan prognozirani broj kretanja iz i u j

t_i i t_j – ukupan postojeći broj kretanja iz i u j .

Pošto se u opštem slučaju, dobijene vrednosti za ukupan broj ciljnih i izvornih kretanja po zoni neće poklapati sa vrednostima dobijenim modelom nastajanja kretanja potrebno je model kalibrisati, tj. korigovati faktor porasta.

Znači, ako je:

$$T_i \neq T_{ig} \quad \text{i} \quad T_j \neq T_{jg} \quad \dots\dots\dots(11)$$

Tada prelazimo na sledeći korak,

$$T_i = \sum_{j=1}^n T_{ij} \quad \text{i} \quad T_j = \sum_{i=1}^n T_{ij} \quad \dots\dots\dots(12)$$

i korigujemo faktore otpora:

$$F_j(k+1) = \frac{T_{jg}}{T_{jk}} ; \quad \dots\dots\dots(13)$$

tako da model, u sledećoj iteraciji, ima oblik:

$$T_{ij}(k+1) = T_{ij} r \frac{F_i(\text{km}) + F_j(\text{km})}{2} \quad \dots\dots\dots(14)$$

Postupak se ponavlja sve dok se ne postigne:

$$T_i = T_{ig} \quad ; \quad T_{jg} = T_j \quad \dots\dots\dots(15)$$

⇒ Primer 1:

Data je matrica razmene kretanja u postojećem stanju (tabela 3). Na osnovu metoda prosečnog faktora rasta prognozirati buduću razmenu kretanja između zona.

– Postojeće stanje

Tabela 3. Matrica razmene kretanja zona–zona

<i>i j</i>	1	2	3	4	t_i	F
1	0	20	30	15	65	2
2	20	0	10	40	70	2
3	30	10	0	35	75	3
4	15	40	35	0	90	1
t_i	65	70	75	90	300	

– Prognoza

Broj kretanja iz zone *i* u zonu *j* je:

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot \frac{(F_i + F_j)}{2}$$

Faktori porasta zona *i* i *j* su:

$$F_i = \frac{T_i}{t_i} \quad F_j = \frac{T_j}{t_j}$$

Na osnovu ovih jednačina dobija se matrica kretanja zona–zona u budućnosti.

Tabela 4. Prognozirani broj kretanja po zonama

<i>i j</i>	1	2	3	4	T_i
1	0	40	75	23	138
2	40	0	25	60	125
3	75	25	0	70	170
4	23	60	70	0	153
T_j	138	125	170	153	586

3.3. Fratar model

Po Fratar modelu broj kretanja iz zone u zonu se računa po formuli:

$$T_{ij} = T_{ig} \cdot \frac{t_{ij} \cdot F_j}{\sum_{j=1}^n t_{ij} \cdot F_j} \quad \dots\dots\dots(16)$$

gde je:

- T_{ij} – prognozirani broj kretanja iz zone *i* u *j*
- T_{ig} – očekivani broj kretanja iz zone *i* u *j*
- t_{ij} – postojeći broj kretanja iz zone *i* u *j*
- F_{ij} – faktor porasta
- n – broj zona

Fratar model ministarstva za saobraćaj SAD-a.

$$T_{ij(k+1)} = (T_{ijk} \cdot F_{jr}) \cdot F_{ir} \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$F_{jr} = \frac{T_j}{\sum T_{ijr}} \quad F_{ir} = \frac{T_i}{\sum (T_{ijr} \cdot F_{jr})} \quad \dots\dots\dots(18)$$

- T_{ijk} – broj kretanja između zona i i j za iteraciju k
 F_{jk} – faktor porasta ciljnih putovanja zone j
 F_{ik} – faktor porasta izvornih putovanja zone i
 T_j – ukupan prognozirani broj ciljnih kretanja u zonu j
 T_i – ukupan prognozirani broj izvornih kretanja u zonu i
 n – broj zona
 k – oznaka iteracije

➔ Primer 1:

Data je matrica razmene kretanja u postojećem stanju. Na osnovu Fratar modela prognozirati buduću razmenu kretanja između zona. U tabeli 5 dati su faktori porasta po zonama, a u tabeli 6 data je matrica međuzonske razmene kretanja.

– Postojeće stanje

Tabela 5. Faktori porasta po zonama

zone	F_i
1	2
2	2
3	3
4	1

IKORAK

Koristeći jednakosti:

$$T_i = \sum_j t_{ij}$$

$$T_j = \sum_i t_{ij}$$

izračunava se broj kretanja koji iz pojedinih zona izlaze i koja u njih dolaze.

Tabela 6. Međuzonska razmena kretanja

j/i	1	2	3	4	$T_{i(b)}$	F_{ij}	$T_{i(c)}$
1	0	20	30	15	65	2	130
2	20	0	10	40	70	2	140
3	30	10	35	35	75	3	225
4	15	40	35	0	90	1	90
$T_{i(b)}$	65	70	75	90			

II KORAK

Dobijene vrednosti za $T_{i(b)}$ i $T_{j(b)}$ pomnože sa određenim faktorima rasta i dobijamo:

$$T_{ij(ciljno)} \text{ i } T_{j(ciljno)}$$

$$T_{i(c)} = F_j \cdot T_{i(b)}$$

$$T_{j(c)} = F_j \cdot T_{j(b)}$$

III KORAK

Za prvu iteraciju faktor porasta (tabela 5) ostaje isti. Koristeći formulu:

$$T_{ij} = T_{i(c)} \cdot \frac{t_{ij} \cdot F_j}{\sum_j t_{ij} \cdot F_j}$$

dobijamo matricu putovanja zona – zona za ciljnu godinu.

Tabela 7. Matrica kretanja zona–zona za ciljnu godinu

j/i	1	2	3	4
1	0	36	81	13
2	51	0	38	51
3	117	39	0	69
4	13	33	44	0

$$T_{12} = T_{1(b)} \cdot \frac{t_{12} \cdot F_2}{t_{11} \cdot F_1 + t_{12} \cdot F_2 + t_{13} \cdot F_3 + t_{14} \cdot F_4} =$$

$$= 130 \cdot \frac{20 \cdot 2}{0 \cdot 0 + 20 \cdot 2 + 30 \cdot 3 + 15 \cdot 1} = \frac{130 \cdot 40}{145} = 35,8 \approx 36$$

IV KORAK

Koristeći formulu:

$$T_{ij} = T_{ij} = \frac{T_{ij} + T_{ji}}{2}$$

Korigovaćemo dobijenu matricu.

Po Fratar modelu broj kretanja iz i u j jednak je broju kretanja iz j u i .

$$\text{npr } T_{12} = T_{21} = \frac{36 + 51}{2} = 43,5$$

Tabela 8. Korigovana matrica kretanja

i/j	1	2	3	4	Σ
1	0	43,5	99	13	155,5
2	43,5	0	38,5	42	124
3	99	38,5	0	56,5	194
4	13	42	56,5	0	111,5
Σ	155,5	124	194	111,5	

V KORAK

Proveravamo faktor otpora:

$$F_j ; F_j = \frac{T_{j(e)}}{T_{j(i)}}$$

$$F_1 = \frac{130}{155,5} = 0,84 < 1$$

$$F_2 = \frac{140}{124} = 1,13 > 1$$

$$F_3 = \frac{225}{194} = 1,16 > 1$$

$$F_4 = \frac{90}{111,5} = 0,81 < 1$$

Kriterijum je 1

Ukoliko nismo zadovoljni ovom aproksimacijom vraćamo se na korak III, ali sa novim faktorima F_j i nastavljamo postupak kroz korake IV i V.

3.4. Detroit model

Detroit model dat je u obliku:

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot \frac{F_i F_j}{F} \quad \dots \dots \dots (19)$$

T_{ij} – prognozirani broj kretanja iz i u j

t_{ij} – postojeći broj kretanja iz i u j

F_i i F_j – faktori porasta zona i i j

F – faktor porasta za posmatrano područje u celini.

I ovde je potrebno vršiti kalibraciju zbog nepoklapanja broja kretanja po zoni dobijenih modelom i prognozom kretanja.

$$F_{i(k+1)} = \frac{T_{ig}}{T_{ir}} \quad F_{j(k+1)} = \frac{T_{jg}}{T_{jk}} \quad \dots \dots \dots (20)$$

T_{ig} i T_{jg} – ukupan broj izvornih i ciljnih kretanja dobijen prognozom

T_{ir} i T_{jr} – ukupan broj izvornih i ciljnih kretanja dobijen prognozom u K -toj iteraciji.

➔ Primer 1:

Data je matrica razmene kretanja u postojećem stanju. Na osnovu Detroit modela prognozirati buduću razmenu kretanja između zona.

– Postojeće stanje

Tabela 9. Međuzonska razmena kretanja

$i j$	1	2	3	4	t_i
1	0	20	30	15	65
2	20	0	10	40	70
3	30	10	0	35	75
4	15	40	35	0	90

– Prognoza

Broj kretanja po ovom modelu računa se kao:

$$T_{ij} = t_{ij} = \frac{F_i F_j}{F}$$

Korišćenjem ove jednačine dobijaju se rezultati u tabeli 10, iz koje je očigledno da se broj kretanja na dan od 300, za prognozirani period povećao na 536 kretanja na dan.

Tabela 10. Prognozirana razmena kretanja

	1	2	3	4	T_i
1	0	40	90	15	145
2	40	0	30	40	110
3	90	30	0	53	173
4	15	40	53	0	108
	$\Sigma = 536$ kretanja/dan				

3.5. Gravitacioni model

Klasična formula gravitacionog modela glasi:

$$T_{ij} = C \cdot P_i \cdot A_j \cdot F_{ij} \cdot K_{ij} \quad \text{.....(21)}$$

T_{ij} – broj kretanja između zone i i zone j

C – konstanta izvorne zone i

P_i – produkcija zone i

A_j – atrakcija zone j

F_{ij} – faktor otpora između i i j

k_y – socio-ekonomski faktor korekcije

$$P_i = \sum_j T_{ij} = \sum_j (C_i P_i A_j F_{ij} K_{ij}) = C_i P_i \sum_j A_j F_{ij} K_{ij} \quad \text{.....(22)}$$

$$C_i = \frac{1}{\sum_j A_j F_{ij} K_{ij}} \quad \text{.....(23)}$$

Izračunavanjem konstante C_j model dobija oblik:

$$T_{ij} = \frac{P_i A_j F_{ij} K_{ij}}{\sum_j A_j F_{ij} K_{ij}} \quad \text{.....(24)}$$

Faktor otpora kretanju računa se kao:

$$F_{ij} = \frac{1}{d_{ij}^{(b)}} \quad b=(1 \div 2) \quad \text{.....(25)}$$

d_{ij} – distanca između zona (m)

3.5.1. Kalibracija gravitacioni modela

U postupcima planiranja saobraćaja, pre nego se pristupi prognozi vrši se provera odabranih modela po kome određujemo međuzonsku razmenu kretanja.

Kako se prilikom primene modela, skoro uvek javljaju razlike između vrednosti snimljenih, anketama (saobraćajnim istraživanjima) i izračunatih vrednosti mora se vršiti kalibracija modela kako bi rezultati dobijenim modelom bili što bliži željenom stanju.

Kod gravitacionog modela kalibracija se vrši po dva kriterijuma:

- atrakcije zona po modelu i snimljena na terenu moraju biti približno iste (sa prihvatljivim odstupanjima)
- raspodela kretanja po trajanju kretanja dobijena modelom mora se slagati sa snimljenom raspodelom.

Zadovoljavanje prvog kriterijuma postiže se "doterivanjem" atrakcija zona pomoću koeficijenta modifikacije

$$b_j, b_j^{(c)} = b_j^{(c-1)} \cdot \frac{A_j}{\sum_i T_{ij}^{(c-1)}} \quad \text{.....(26)}$$

Uzimajući u obzir drugi kriterijum moramo korigovati vrednost faktora otpora F_{ij} ,

$$F_{ij}^{(d)} = \frac{F_{ij}^{(d-1)} S_{\Delta t}}{G_{\Delta t}^{(d-1)}} \quad \text{.....(27)}$$

$b_j^{(c)}$ – koeficijent modifikacije u c -toj iteraciji

$b_j^{(c-1)}$ – koeficijent modifikacije u $(c+1)$ -oj iteraciji

$\sum_i T_{ij}^{(c-1)}$ – broj kretanja koji ulazi u zonu j u $(c-1)$ -oj iteraciji

$F_{ij}^{(d)}$ – d -ta modifikacija vrednosti koeficijenta otpora

$F_{ij}^{(d-1)}$ – $(d-1)$ -va modifikacija vrednosti koeficijenta otpora

$S_{\Delta t}$ – broj snimljenih kretanja u vremenu

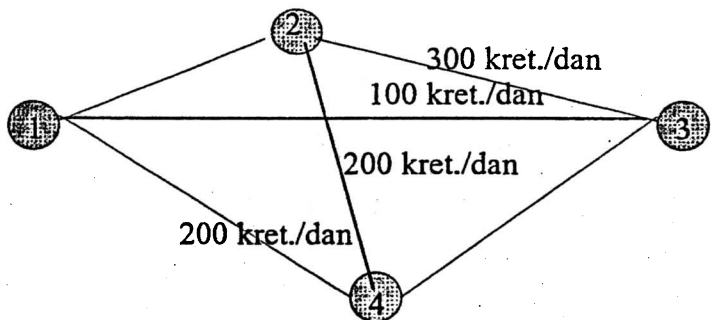
$G_{\Delta t}^{(d-1)}$ – broj kretanja izračunatih po modelu, u vremenskom intervalu Δt u $(d-1)$ -oj iteraciji

Uvođenjem ovih izmena gravitacioni model biće:

$$T_{ij}^{(c,d)} = \frac{A_j b_j^{(c)} F_{ij}^{(d)} \cdot K_{ij}}{\sum_j A_j b_j^{(c)} F_{ij}^{(d)} K_{ij}} \quad \text{.....(28)}$$

➔ Primer 1:

Dat je grad (hipotetički) od 4 zone. Od 4 zone, dve su zone atrakcije (radne), a 2 zone produkcije (stanovanja). Sadašnje atrakcije i vreme kretanja (određeno po min. stazama) dati su sledećom slikom (slika 1) i tabelama:



Slika 1. Hipotetički grad sa 4 zone

Tabela 11a. Produkcije, atrakcije zona

zona	P_j (put/d)	A_j (put/d)
1	500	0
2	300	0
3	0	400
4	0	400

Tabela 11b. Vremena kretanja (t_{ij} min.) između zona

t_{ij} (min) zona/zona	1	2	3	4
1	0	8	10	5
2	8	0	5	10
3	10	5	0	20
4	5	10	20	0

Pomoću graviti modela naći razmenu kretanja zona – zona.

Imamo graviti model u obliku:

$$T_{ij} = P_i \frac{A_j F_{ij} K_{ij}}{\sum_{j=1}^n A_j F_{ij} K_{ij}}$$

$$F_{ij} = \frac{1}{t_{ij}^b} \quad b = (1+2)$$

$$\text{busv.} = 2$$

Ovaj model ćemo koristiti za dobijanje matrice kretanja zona – zona. Tamo gde su produkcije i atrakcije jednake nuli i odgovarajući $T_{ij}=0$. Tako je:

$$T_{11} = T_{12} = T_{21} = T_{22} = T_{31} = T_{32} = T_{33} = T_{34} = T_{41} = T_{42} = T_{43} = T_{44} = 0$$

Za ostala kretanja zona–zona važe relacije:

$$T_{13} = P_1 \frac{A_3 \cdot \frac{1}{t_{13}^2} \cdot 1}{A_3 \frac{1}{t_{13}^2} \cdot 1 + A_4 \frac{1}{t_{14}^2} \cdot 1}$$

$$T_{23} = P_2 \frac{A_3 \cdot \frac{1}{t_{23}^2}}{A_3 \frac{1}{t_{23}^2} + A_4 \frac{1}{t_{24}^2}}$$

$$T_{24} = P_2 \frac{A_4 \cdot \frac{1}{t_{24}^2}}{A_3 \frac{1}{t_{23}^2} + A_4 \frac{1}{t_{24}^2}}$$

$$T_{14} = P_1 \frac{A_4 \cdot \frac{1}{t_{14}^2}}{A_3 \frac{1}{t_{13}^2} + A_4 \frac{1}{t_{14}^2}}$$

Posle zamene datih vrednosti, dobija se:

$$T_{13} = 100 \text{ kretanja/dan}$$

$$T_{14} = 400 \text{ kretanja/dan}$$

$$T_{23} = 240 \text{ kretanja/dan}$$

$$T_{24} = 60 \text{ kretanja/dan}$$

Poređenje podataka dobijenih snimanjem i po graviti modelu:

$$T_{13} + T_{23} = 340 \text{ kret./dan} < A_3 = 400 \text{ kret./dan}$$

$$T_{14} + T_{24} = 460 \text{ kret./dan} > A_4 = 400 \text{ kret./dan.}$$

Evidentno je da razlike postoje, pa se pristupa "doterivanju" modela da bi se dobili bolji rezultati.

Prvo, se uradi kalibracija korigovanjem koeficijena modifikacije b_j :

$$b_j^{(1)} = \frac{A_j}{\sum T_{ij}^{(0)}}$$

a graviti model dobija oblik:

$$T_{ij}^{(c)} = P_i \frac{A_j b_j^{(c)} F_{ij} K_{ij}}{\sum A_j b_j^{(c)} F_{ij} K_{ij}}$$

Na ovaj način dobija se:

$$b_3^{(1)} = \frac{A_3}{T_{13} + T_{23}} = 1,176$$

$$b_4^{(1)} = \frac{A_4}{T_{14} + T_{24}} = 0,869$$

$$T_{13} = P_1 \frac{A_3 b_3^{(1)} \frac{1}{t_{13}^2}}{A_3 b_3^{(1)} \frac{1}{t_{13}^2} + A_4 b_4^{(1)} \frac{1}{t_{14}^2}} = 126 \text{ kret/dan}$$

$$T_{14} = P_1 \frac{A_4 b_4^{(1)} \frac{1}{t_{14}^2}}{A_3 b_3^{(1)} \frac{1}{t_{13}^2} + A_4 b_4^{(1)} \frac{1}{t_{14}^2}} = 374 \text{ kret/dan}$$

$$T_{23} = P_2 \frac{A_3 b_3^{(1)} \frac{1}{t_{13}^2}}{A_3 b_3^{(1)} \frac{1}{t_{13}^2} + A_4 b_4^{(1)} \frac{1}{t_{14}^2}} = 253 \text{ kret/dan}$$

$$T_{24} = P_2 \frac{A_4 b_4^{(1)} \frac{1}{t_{14}^2}}{A_4 b_4^{(1)} \frac{1}{t_{14}^2}} = 47 \text{ kret/dan}$$

Ponovo se poredi, ovako dobijeni rezultati sa snimljenim podacima :

$$T_{13} = T_{23} = 379 \text{ kret./dan} < A_3 = 400 \text{ kret./dan}$$

$$T_{14} = T_{24} = 421 \text{ kret./dan} > A_4 = 400 \text{ kret./dan.}$$

Pošto rezultati prve iteracije ne zadovoljavaju prelazi se na drugu:

$$b_3^{(2)} = b_3^{(1)} \frac{A_3}{T_{13} + T_{23}} = 1,24$$

$$b_4^{(2)} = b_4^{(1)} \frac{A_4}{T_{14} + T_{24}} = 0,83$$

$$T_{ij} = P_{ij} \frac{A_j b_j^{(2)} F_{ij}}{\sum A_j b_j^{(2)} F_{ij}}$$

$$T_{13} = 136 \text{ kret/dan}$$

$$T_{14} = 364 \text{ kret/dan}$$

$$T_{23} = 257 \text{ kret/dan}$$

$$T_{24} = 43 \text{ kret/dan}$$

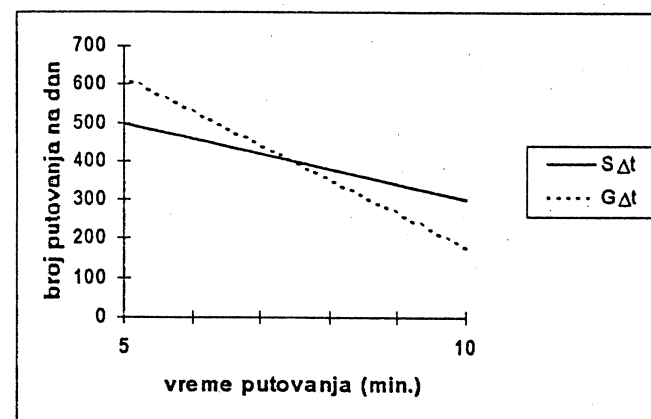
Ponovo se vrši provera:

$$T_{13} = T_{23} = 393 \text{ kret./dan} < A_3 = 400 \text{ kret./dan}$$

$$T_{14} = T_{24} = 407 \text{ kret./dan} > A_4 = 400 \text{ kret./dan}$$

Ovde se zaustavlja, jer su rezultati vrlo blizu snimljenim podacima.

Sada se napravi odnos broja putovanja i vremena putovanja (slika 2)



Slika 2. Odnos broja putovanja i vremena putovanja po modelu i po snimljenim podacima

Odredi se broj 5-to minutnih i 10-to minutnih putovanja po modelu i uporedi sa snimljenim podacima:

$$S_5 = 500 \text{ kret./dan}$$

$$G_5 = 621 \text{ kret./dan}$$

$$S_{10} = 300 \text{ kret./dan}$$

$$G_{10} = 179 \text{ kret./dan}$$

Pošto su razlike znatne, vrši se kalibraciju – po faktoru otpora:

$$F_{ij}^d = \frac{F_{ij}^{(d-1)} S_{\Delta t}}{G_{\Delta t}^{(d-1)}}$$

$$F_{ij}^{(c,d)} = P_{ij} \frac{A_j b_j^{(c)} F_{ij}^{(d)}}{\sum A_j b_j^{(c)} F_{ij}^{(d)}}$$

pa je:

$$F_{13}^{(1)} = F_{24}^{(1)} = \frac{1}{10^2} \cdot \frac{300}{179} = 0,0167$$

$$F_{14}^{(1)} = F_{23}^{(1)} = \frac{1}{5^2} \cdot \frac{500}{621} = 0,0322$$

$$T_{13} = 218 \text{ kret./dan}$$

$$T_{14} = 282 \text{ kret./dan}$$

$$T_{23} = 223 \text{ kret./dan}$$

$$T_{24} = 77 \text{ kret./dan}$$

Provera:

$$T_{13}^{(2,1)} + T_{23}^{(2,1)} = 441 \text{ kret./dan} > A_3 = 400$$

$$T_{14}^{(2,1)} + T_{24}^{(2,1)} = 359 \text{ kret./dan} < A_4 = 400$$

$$G_5^{(1)} = T_{14}^{(2,1)} + T_{23}^{(2,1)} = 505 > 500$$

$$G_{10}^{(1)} = T_{13}^{(2,1)} + T_{14}^{(2,1)} = 292 < 300$$

druga iteracija:

$$F_{13}^{(2)} = F_{24}^{(2)} = 0,0172$$

$$F_{14}^{(2)} = F_{23}^{(2)} = 0,0318$$

$$T_{13} = 224 \text{ kret./dan}$$

$$T_{14} = 276 \text{ kret./dan}$$

$$T_{23} = 220 \text{ kret./dan}$$

$$T_{24} = 80 \text{ kret./dan}$$

Provera:

$$T_{13} + T_{23} = 444 > 400$$

$$G_5^{(2)} = 496 < 500$$

$$T_{14} + T_{24} = 356 < 400$$

$$G_{10}^{(2)} = 304 > 300$$

Pošto su "pokvareni" rezultati po prvom kriterijumu, uradi se još jedna iteracija ali sa b_j :

$$b_3^{(3)} = 1,396$$

$$b_4^{(3)} = 0,0699$$

$$T_{13} = 260$$

$$T_{14} = 240 \text{ kret./dan}$$

$$T_{23} = 236$$

$$T_{24} = 64$$

Provera:

$$T_{13} + T_{23} = 496 > 400$$

$$T_{14} + T_{24} = 304 < 400$$

$$G_5^{(3)} = 476 < 500$$

$$G_5^{(3)} = 476 < 500$$

$$G_{10}^{(3)} = 324 > 300$$

Ovim se "kvvari" i T_{ij} i $G_{\Delta t}$ pa se usvaja model:

$$T_{ij} = P_i \frac{A_j b_j^{(2)} F_{ij}^{(2)}}{\sum A_j b_j^{(2)} F_{ij}^{(2)}}$$

sa koeficijentima i faktorima :

$$b_3^{(2)} = 1,24$$

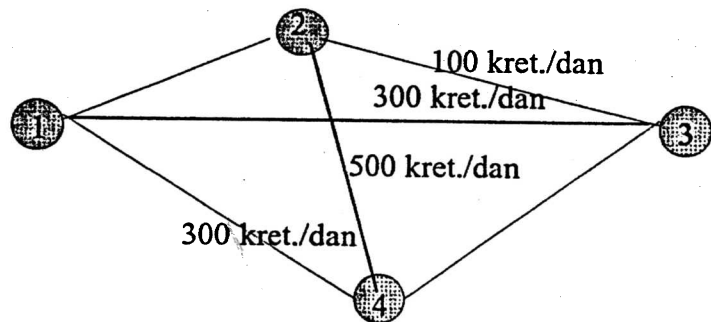
$$F_{13}^{(2)} = F_{24}^{(2)} = 0,0172$$

$$b_4^{(2)} = 0,83$$

$$F_{14}^{(2)} = F_{25}^{(2)} = 0,0318$$

► Primer 2:

Dat je grad (hipotetički) od 4 zone, od 4, dve su zone atrakcije (kretanja), a 2 zone produkcije (stanovanja). Sadašnje atrakcije i vreme kretanja (određenog po mi. stazama) dati su sledećom slikom i tabelama:



Slika 3. Hipotetički grad sa 4 zone

Tabela 12a. Produkcije, atrakcije zona

zona	P_i (put/d)	A_i (put/d)
1	500	0
2	600	0
3	0	300
4	0	800

Tabela 12b. Vremena kretanja (t_{ij} min.) između zona

t_{ij} (min) zona/zona	1	2	3	4
1	0	8	5	10
2	8	0	10	5
3	5	10	0	20
4	10	5	20	0

$$K_{ij} = 0$$

► Rešenje:

$$F_{ij} = \frac{1}{t_{ij}^2}$$

$$T_{ij} = P_i \frac{A_j F_{ij} K_{ij}}{\sum_{j=1}^n A_j F_{ij} K_{ij}}$$

$$T_{11} = T_{12} = T_{21} = T_{22} = T_{31} = T_{32} = T_{33} = T_{41} = T_{42} = T_{43} = T_{44} = 0$$

$$T_{13} = 500 \frac{300 \frac{1}{5^2} \cdot 1}{300 \frac{1}{5^2} + 800 \frac{1}{10^2}} = 200 \quad \text{kretanja/dan}$$

$$T_{14} = 500 \frac{800 \frac{1}{10^2} \cdot 1}{300 \frac{1}{5^2} + 800 \frac{1}{10^2}} = 200 \quad \text{kretanja/dan}$$

$$T_{23} = 600 \frac{300 \frac{1}{10^2}}{300 \frac{1}{10^2} + 800 \frac{1}{5^2}} = 51 \quad \text{kretanja/dan}$$

$$T_{24} = 600 \frac{800 \frac{1}{5^2}}{300 \frac{1}{10^2} + 800 \frac{1}{5^2}} = 549 \quad \text{kretanja/dan}$$

Porede se podaci dobijeni modelom sa snimljenim na terenu:

$$T_{13} + T_{23} = 351 \text{ kret./dan} > A_3 = 300$$

$$T_{14} + T_{24} = 749 \text{ kret./dan} < A_4 = 800.$$

Pošto razlike postoje vrši se korekciju A_j pomoću koeficijenta modifikacije b_j

$$b_j^{(1)} = \frac{A_j}{\sum T_{ij}^{(0)}}$$

$$T_{ij}^{(2)} = P_i \frac{A_j b_j^{(c)} F_{ij} K_{ij}}{\sum A_j b_j^{(c)} F_{ij} K_{ij}}$$

U ovom slučaju to je:

$$b_3^{(1)} = \frac{A_3}{T_{13} + T_{23}} = 0,857$$

$$b_4^{(1)} = \frac{A_4}{T_{14} + T_{24}} = 1,068$$

$$T_{13}^{(1)} = 273 \text{ kret./dan}$$

$$T_{14}^{(1)} = 227 \text{ kret./dan}$$

$$T_{23}^{(1)} = 42 \text{ kret./dan}$$

$$T_{24}^{(1)} = 558 \text{ kret./dan}$$

Provera:

$$T_{13}^{(1)} + T_{23}^{(1)} = 315 > 300 = A_3$$

$$T_{14}^{(1)} + T_{24}^{(1)} = 785 < 800 = A_4$$

– druga iteracija

$$b_3^{(2)} = b_3^{(1)} \frac{A_3}{T_{13}^{(1)} + T_{23}^{(1)}} = 0,816$$

$$b_4^{(2)} = b_4^{(1)} \frac{A_4}{T_{14}^{(1)} + T_{24}^{(1)}} = 1,088$$

$$T_{13}^{(2)} = 265 \text{ kret./dan}$$

$$T_{14}^{(2)} = 235 \text{ kret./dan}$$

$$T_{23}^{(2)} = 39 \text{ kret./dan}$$

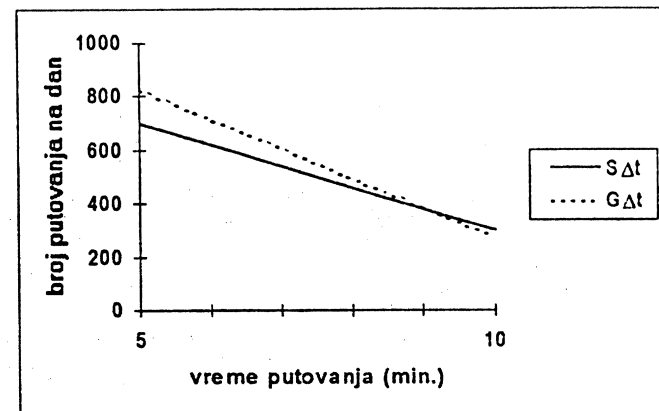
$$T_{24}^{(2)} = 561 \text{ kret./dan}$$

Provera:

$$T_{13} + T_{23} = 304 \approx 300 = A_3$$

$$T_{14} + T_{24} = 796 \approx 800 = A_4$$

Pošto se po kriterijumu atrakcije dobijaju zadovoljavajući rezultati, vrši se provera i korekcija po kriterijumu slaganja raspodele kretanja po vremenu kretanja (slika 6).



Slika 6. Odnos broja putovanja i vremena putovanja po modelu i po snimljenim podacima

$$G_5 = T_{13} + T_{24} = 265 + 561 = 826 \text{ kret./dan} > 700$$

$$G_{10} = T_{23} + T_{14} = 39 + 235 = 274 \text{ kret./dan} < 400$$

$$S_5 = 700 \text{ kret./dan}$$

$$S_{10} = 400 \text{ kret./dan.}$$

Pošto postoje znatne razlike, vrši se popravka faktora otpora F_{ij}

$$F_{ij}^{(d)} = F_{ij}^{(d-1)} \frac{S_M}{G_{\Delta t}^{(d-1)}}$$

$$F_{13}^{(1)} = F_{24}^{(1)} = \frac{1}{5^2} \cdot \frac{700}{826} = 0,036$$

$$F_{23}^{(1)} = F_{14}^{(1)} = \frac{1}{10^2} \cdot \frac{400}{274} = 0,015$$

$$T_{ij}^{(c,d)} = P_i \frac{A_j b_j^{(2)} F_{ij}^{(1)} K_{ij}}{\sum A_j b_j^{(2)} F_{ij}^{(1)} K_{ij}}$$

$$T_{13}^{(2,1)} = 195 \text{ kret./dan}$$

$$T_{14}^{(2,1)} = 305 \text{ kret./dan}$$

$$T_{23}^{(2,1)} = 66 \text{ kret./dan}$$

$$T_{24}^{(2,1)} = 534 \text{ kret./dan}$$

Provera:

$$\text{I} \quad T_{13}^{(2,1)} + T_{23}^{(2,1)} = 261 < 300$$

$$T_{14}^{(2,5)} + T_{24}^{(2,1)} = 839 > 800$$

$$\text{II} \quad T_{13}^{(2,1)} + T_{24}^{(2,5)} = 729 > 700$$

$$T_{14}^{(2,1)} + T_{23}^{(2,1)} = 371 < 400$$

Druga iteracija:

$$F_{13}^{(2)} = F_{24}^{(2)} = 0,0326$$

$$F_{23}^{(2)} = F_{14}^{(2)} = 0,0162$$

Broj kretanja je:

$$T_{13}^{(2,2)} = 185 \text{ kret./dan}$$

$$T_{14}^{(2,2)} = 319 \text{ kret./dan}$$

$$T_{23}^{(2,2)} = 74 \text{ kret./dan}$$

$$T_{24}^{(2,2)} = 526 \text{ kret./dan}$$

Provera:

$$T_{13}^{(2,2)} + T_{23}^{(2,2)} = 255 < 300$$

$$T_{14}^{(2,2)} + T_{24}^{(2,2)} = 845 > 800$$

$$G_{51}^{(2)} = 711 \approx 700$$

$$G_{10}^{(2)} = 393 \approx 400$$

Zadovoljava se II kriterijum, ali se popravljaja atrakcija.

$$b_3^{(3)} = b_3^{(2)} A_3 / (T_{13} + T_{23}) = 0,961$$

$$b_4^{(3)} = b_4^{(2)} A_4 / (T_{14} + T_{24}) = 1,029$$

Broj kretanja na dan između zona je:

$$T_{13}^{(3,2)} = 206$$

$$T_{19}^{(3,2)} = 294$$

$$T_{23}^{(3,2)} = 89$$

$$T_{24}^{(3,2)} = 511$$

$$b_3^{(3)} = 0,961 \quad b_4^{(3)} = 1,019$$

$$F_{12}^{(2)} = F_{24}^{(2)} = 0,0366$$

$$F_{14}^{(2)} = F_{23}^{(2)} = 0,0162$$

Provera:

$$T_{13}^{(2,3)} + T_{23}^{(2,3)} = 295 < 300$$

$$T_{14}^{(2,3)} + T_{24}^{(2,3)} = 805 > 800$$

$$G_5^{(3)} = 707 \approx 700$$

$$G_{10}^{(3)} = 393 \approx 400$$

Ovi rezultati zadovoljavaju po oba kriterijuma i može se usvojiti model:

$$b_3^{(3)} = 0,961$$

$$b_4^{(3)} = 1,029$$

$$F_{12}^{(2)} = F_{24}^{(2)} = 0,0366$$

$$F_{14}^{(2)} = F_{23}^{(2)} = 0,0162$$

4.

*Modeli raspodele
po načinu kretanja
– modal split –*

Pod pojmom vidovne raspodele (modal split) podrazumeva se deoba ukupnog broja kretanja na različite načine i sredstva prevoza. Izbor pojedinih načina, odnosno vidova prevoza definišu, uglavnom, tri grupe faktora:

- Karakteristike kretanja (dužina, trajanje, svrha);
- Karakteristike putnika (dohodak, stepen motorizacije i sl.);
- Karakteristike transportnog sistema (brzina, cena prevoza, pristupačnost, komfor i sl.);

Od posebnog značaja za modeliranje vidovne raspodele je analiza i prognoza odnosa između broja putovanja javnim prevozom i broja putovanja individualnim putničkim automobilom.

U osnovi, na odnos u raspodeli na javni i individualni prevoz, utiče:

- Broj putnika koji imaju mogućnost izbora načina prevoza i
- Relativni pokazatelji koji definišu kvalitet ponude javnog prevoza u odnosu na individualni;

Mesto i uloga vidovne raspodele u procesu planiranja transportnog sistema određuje i postupak koji će se primeniti. Postoji više različitih mogućnosti i one se mogu klasifikovati na sledeći način:

- Modeli direktne raspodele koji se oblikuju u sklopu analize nastajanja putovanja;
- Modeli vidovne raspodele koji prethode prostornoj raspodeli;
- Modeli vidovne raspodele posle izvršene prostorne raspodele;

Osnovne tehnike modeliranja vidovne raspodele, koje se najčešće primenjuju su:

- Diverzione krive
- Diskriminantna analiza

4.1. Metod diverzionih krivih

Pomoću diverzionih krivih računaju se proporcionalni odnosi u vidovnoj raspodeli za zadate faktore ili njihove kombinacije koje ne moraju biti uvek linearne. Postoje metode koji daju serije diverzionih krivih u zavisnosti od niza faktora kao što su:

- relativna vremena putovanja individualnim i javnim prevozom,
- relativni troškovi putovanja,
- odnos vremena putovanja javnim i individualnim prevozom,
- svrha putovanja itd.

➔ Primer 1:

Na osnovu matrice radnih kretanja zona-zona prikazanoj u tabeli kao i distanca između zona prikazanoj u tabeli i pomoću diverzione krive date na slici odvojiti motorizovana od nemotorizovanih kretanja.

Tabela 1. Matrica radnih kretanja zona-zona (put/dan)

zona	1	2	4	7	10
1	0	1020	2719	3893	471
2	1723	0	4593	3145	1477
3	606	606	4772	1490	630
4	0	0	0	0	0
5	854	661	2993	2357	834
6	929	643	3343	2310	473
7	0	0	0	0	0
8	849	531	1617	5402	515
9	840	762	2538	3554	1219
10	976	1812	2916	2400	0
11	780	780	4458	2092	803
12	1054	930	4391	2964	790
13	584	557	2849	1611	479

Tabela 2. Najkraća rastojanja između zona po spider mreži (km)

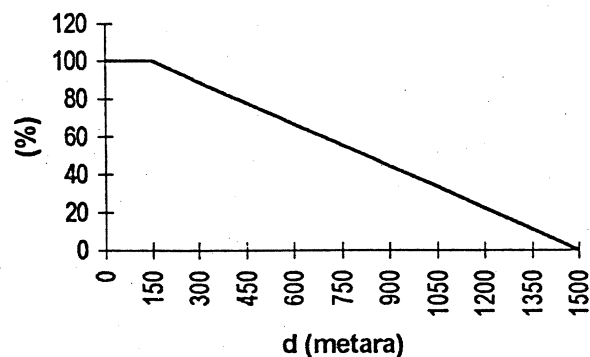
i/c	1	2	4	7	10
1	-	1.2	1.5	1.1	2.6
2	1.2	-	1.5	2.3	1.4
3	2.6	2.6	1.1	3.7	2.5
4	1.5	1.5	-	2.6	2.9
5	4.1	5.3	3.9	5.2	4.2
6	2.7	3.9	2.5	3.8	5.3
7	1.1	2.3	2.6	-	3.7
8	2.0	3.2	3.5	1.1	3.3
9	2.9	3.2	3.2	2.4	2.0
10	2.6	1.4	2.9	3.7	-
11	3.6	3.6	2.1	4.7	3.5
12	4.5	5.1	3.6	5.6	6.0
13	4.1	4.3	2.8	5.2	5.0

➤ Rešenje:

Za razdvajanje kretanja na motorizovana i nemotorizovana koristiće se dijagram učešća pešačkih kretanja u ukupnom kretanju (slika 1) koji ima sledeće karakteristike:

- ukoliko je rastojanje između zona do 150 m - 100% pešačka kretanja, 0% motorizovana;

- ukoliko je rastojanje između zona preko 1500 m - 0% pešačka kretanja, 100% motorizovana;
- ukoliko je rastojanje između zona između 150 m i 1500 m- raspodela se vrši po linearnoj funkciji prikazanoj na slici;



Slika 1. Učešće pešačkih u ukupnom broju kretanja

Na osnovu gore navedenog postupka dobijeni su rezultati prikazani u tabelama 3 i 4.

Tabela 3. Matrica procenata učešća pešačkih kretanja u ukupnim radnim kretanjima (%)

zona	1	2	4	7	10
1	0	22	0	30	0
2	22	0	0	0	8
3	0	0	30	0	0
7	30	0	0	0	0
8	0	0	0	30	0
10	0	8	0	0	0

Na osnovu ovih procenata izračunaju se procenti učešća motorizovanih kretanja u radnim kretanjima kao:

$$P_m = 100 - P_{nm} (\%) \quad \dots\dots\dots (1)$$

a, na osnovu tih procenata i podataka iz tabele 1 dobijaju se motorizovana radna kretanja (u put./dan) u tabeli 4.

Tabela 4. Matrica motorizovanih radnih kretanja (put./dan)

zona	1	2	4	7	10
1	0	796	2719	2725	471
2	1344	0	4593	3145	1359
3	606	606	3340	1490	630
4	0	0	0	0	0
5	854	661	2993	2357	834
6	929	643	3343	2310	473
7	0	0	0	0	0
8	849	531	1617	3781	515
9	840	762	2538	3554	1219
10	976	1667	2916	2400	0
11	780	780	4458	2092	803
12	1054	930	4391	2964	790
13	584	557	2849	1611	479

➔ Primer 2:

U okviru motorizovanih kretanja postoji raspodela na kretanja putničkim automobilom i JGPP-om. Na osnovu dosadašnjih studija i iskustva planera uzimajući u obzir sve uticajne parametre koji se odnose na zadati grad, procentualna podela između ova dva vida prevoza je izvršena i ona iznosi 60% JGPP-om i 40% individualnim vozilima.

Koristeći podatke iz tabele 5 izračunati broj putovanja između zona koja se obavljaju JGPP-om i individualnim vozilima.

Tabela 5. Matrica motorizovanih radnih kretanja (put./dan)

zona	1	2	4	7	10
1	0	796	2719	2725	471
2	1344	0	4593	3145	1359
3	606	606	3340	1490	630
4	0	0	0	0	0
5	854	661	2993	2357	834
6	929	643	3343	2310	473
7	0	0	0	0	0
8	849	531	1617	3781	515
9	840	762	2538	3554	1219
10	976	1667	2916	2400	0
11	780	780	4458	2092	803
12	1054	930	4391	2964	790
13	584	557	2849	1611	479

➤ Rešenje:

Na osnovu zadate procentualne podele 60% JGPP, 40% PA dobijeni su sledeći rezultati prikazani u tabelama 6 i 7.

Tabela 6. Matrica radnih kretanja individualnim vozilima (put/dan)

zona	1	2	4	7	10
1	0	318	1088	1090	188
2	538	0	1837	1258	544
3	242	242	1336	596	252
4	0	0	0	0	0
5	342	264	1197	943	334
6	372	257	1337	924	189
7	0	0	0	0	0
8	340	212	647	1512	206
9	336	305	1015	1422	488
10	390	667	1166	960	0
11	312	312	1783	837	321
12	422	372	1756	1186	316
13	234	223	1140	644	192

Tabela 7. Matrica radnih kretanja JGPP-om (put/dan)

zona	1	2	4	7	10
1	0	478	1631	1635	283
2	806	0	2756	1887	815
3	364	364	2004	894	378
4	0	0	0	0	0
5	512	397	1796	1414	500
6	557	386	2006	1386	284
7	0	0	0	0	0
8	509	319	970	2269	309
9	504	457	1523	2132	731
10	586	1000	1750	1440	0
11	468	468	2675	1255	482
12	632	558	2635	1778	474
13	350	334	1709	967	287

➔ Primer 3:

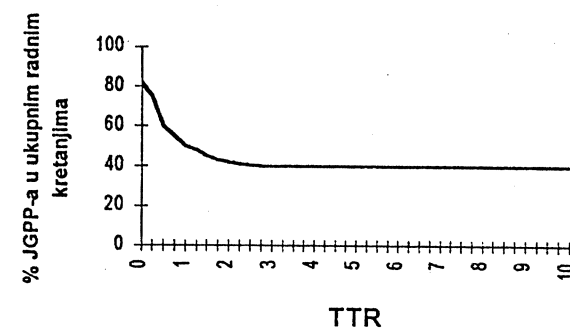
Za određivanje procentualnog učešća kretanja izvršenih JGPP-om u ukupnim radnim kretanjima može se koristiti model TTR (travel-time-ratio), relativnog vremena putovanja koji glasi:

$$TTR = \frac{(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5)}{(X_6 + X_7 + X_8)} \quad \dots\dots\dots(2)$$

gde je:

- X_1 - vreme provedeno u JGPP-u
- X_2 - vreme presedanja
- X_3 - vreme čekanja na JGPP
- X_4 - vreme pristupa sistemu
- X_5 - vreme pešačenja od izlaznog stajališta do odredišta
- X_6 - vreme vožnje automobilom
- X_7 - vreme potrebno za parkiranje automobila
- X_8 - vreme pešačenja od parkiranog automobila do odredišta

Nakon izračunavanja TTR koristi se diverziona kriva prikazana na slici 2 sa koje se očitava procenat učešća kretanja JGPP-om u ukupnim radnim kretanjima.



Slika 2. Učešće kretanja JGPP-om u ukupnim radnim kretanjima u zavisnosti od relativnog vremena putovanja

Na osnovu gore prikazanog postupka i za podatke o radnim kretanjima datim u tabeli 8, kao i za date vrednosti parametara X_i , naći raspodelu kretanja na JGPP i individualni automobil.

Tabela 8. Matrica radnih kretanja (putovanja/dan)

zona	1	2	4
1	0	478	1631
2	806	0	2756
3	364	364	2004
4	0	0	0
5	512	397	1796
6	557	386	2006
7	0	0	0

Vrednosti X_i su sledeće:

$$X_1 = 15 \text{ min.}$$

$$X_2 = 2 \text{ min}$$

$$X_3 = 5 \text{ min}$$

$$X_4 = 5 \text{ min}$$

$$X_5 = 5 \text{ min}$$

$$X_6 = 4 \text{ min}$$

$$X_7 = 3 \text{ min}$$

$$X_8 = 1 \text{ min}$$

► Rešenje:

Relativno vreme putovanja je:

$$TTR = \frac{32}{8} = 4$$

Za vrednost $TTR = 4$ očitana vrednost sa slike 2 je 40 %, pa je učešće JGPP-a 40%, a individualnih vozila 60%.

Rezultati su prikazani u tabelama 9 i 10.

Tabela 9. Matrica radnih kretanja JGPP-om (put/dan)

zona	1	2	4
1	0	191	652
2	322	0	1102
3	146	146	802
4	0	0	0
5	205	159	718
6	223	154	802
7	0	0	0

Tabela 10. Matrica radnih kretanja individualnim vozilom (put/dan)

zona	1	2	4
1	0	287	974
2	484	0	1654
3	0	218	1202
4	218	0	0
5	307	238	1078
6	334	232	1204
7	0	0	0

► Primer 4:

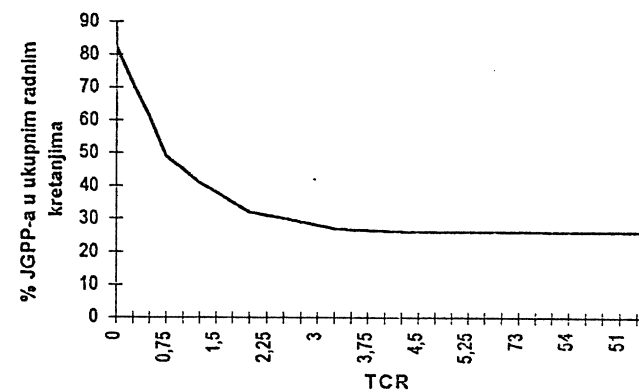
Procentualno učešće kretanja izvršenih JGPP-om u ukupnim radnim kretanjima može se odrediti preko modela TCR (travel-cost-ratio), relativnih troškova putovanja koji glasi:

$$TCR = \frac{X_1}{\left[\frac{X_2 + X_3 + 0,5X_4}{X_5} \right]} \quad \dots\dots\dots(3)$$

gde je:

- X_1 - cena u javnom prevozu
- X_2 - troškovi za gorivo
- X_3 - troškovi za ulje
- X_4 - troškovi parkiranja automobila
- X_5 - popunjenost vozila

Nakon izračunavanja TCR koristi se diverziona kriva prikazana na slici 3 sa koje se očitava procenat učešća kretanja JGPP-om u ukupnim radnim kretanjima.



Slika 3. Učešće kretanja JGPP-om u ukupnim radnim kretanjima u zavisnosti od relativnih troškova putovanja

Na osnovu gore prikazanog postupka i za podatke o radnim kretanjima datim u tabeli 11, kao i za date vrednosti parametara X_i , naći raspodelu kretanja na JGPP i individualni automobil.

Tabela 11. Matrica radnih kretanja (put/dan)

zona	1	2	4
1	0	400	1600
2	800	0	2700
3	360	360	2000
4	0	0	0
5	510	390	1800
6	550	380	2000
7	0	0	0

Vrednosti X_i su sledeće:

$$X_1 = 15 \text{ nj}$$

$$X_2 = 7 \text{ nj.}$$

$$X_3 = 2 \text{ nj}$$

$$X_4 = 2 \text{ nj.}$$

$$X_5 = 1.6$$

➤ Rešenje:

Relativni troškovi putovanja su:

$$TCR = \frac{15}{6.25} = 2.4$$

Za vrednost $TCR = 2.4$ očitana vrednost sa slike 3 je 30%, pa je učešće JGPP-a 30 %, a individualnih vozila 70%.

Rezultati su prikazani u tabelama 12 i 13.

Tabela 12. Matrica radnih kretanja JGPP-om (put/dan)

zona	1	2	4
1	0	120	480
2	240	0	810
3	108	108	0
4	0	0	0
5	153	117	540
6	165	114	600
7	0	0	0

Tabela 13. Matrica radnih kretanja individualnim vozilom (put/dan)

zona	1	2	4
1	0	280	1120
2	560	0	1890
3	252	252	0
4	0	0	0
5	357	273	1260
6	385	266	1400
7	0	0	0

➔ Primer 5:

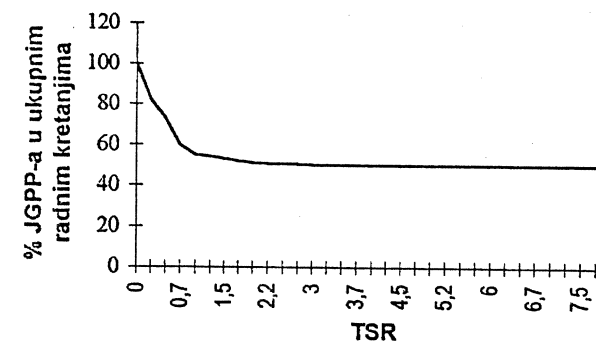
Još jedan model za određivanje učešća kretanja izvršenih JGPP-om u ukupnim radnim kretanjima je model TSR (travel-service-ratio), relativnog nivoa usluge koji glasi:

$$TSR = \frac{(X_1 + X_2 + X_3 + X_4)}{(X_5 + X_6)} \quad \dots\dots\dots(4)$$

gde je:

- X_1 - vreme presedanja
- X_2 - vreme čekanja na JGPP
- X_3 - vreme pristupa JGPP-u
- X_4 - vreme pešačenja od izlaznog stajališta do odredišta
- X_5 - vreme potrebno za parkiranje automobila
- X_6 - vreme pešačenja od parkiranog automobila do odredišta

Nakon izračunavanja TSR koristi se diverziona kriva prikazana na slici 4 sa koje se očitava procenat učešća kretanja JGPP-om u ukupnim radnim kretanjima.



Slika 4. Učešće kretanja JGPP-om u ukupnim radnim kretanjima u zavisnosti od relativnog nivoa usluge

Na osnovu gore prikazanog postupka i za podatke o radnim kretanjima datim u tabeli 14, kao i za date vrednosti parametara X_i , naći raspodelu kretanja na JGPP i individualni automobil.

Tabela 14. Matrica radnih kretanja (put/dan)

zona	1	2	4
1	0	500	1800
2	700	0	2800
3	300	300	2000
4	0	0	0
5	500	400	1900
6	500	300	2100
7	0	0	0

Vrednosti X_i su sledeće:

$$X_1 = 5 \text{ min.}$$

$$X_2 = 7 \text{ min.}$$

$$X_3 = 5 \text{ min.}$$

$$X_4 = 6 \text{ min.}$$

$$X_5 = 5 \text{ min.}$$

$$X_6 = 3 \text{ min.}$$

► Rešenje:

Relativni nivo usluge je:

$$TSR = 2.875$$

Za vrednost $TSR = 2.875$ očitana vrednost sa slike 4 je 58%, pa je učešće JGPP-a 58%, a individualnih vozila 42%.

Rezultati su prikazani u tabelama 15 i 16.

Tabela 15. Matrica radnih kretanja JGPP-om (put/dan)

zona	1	2	4
1	0	290	1044
2	406	0	1624
3	174	174	1160
4	0	0	0
5	290	232	1102
6	290	174	1218
7	0	0	0

Tabela 16. Matrica radnih kretanja individualnim vozilom (put/dan)

zona	1	2	4
1	0	210	756
2	294	0	1176
3	126	126	840
4	0	0	0
5	210	168	798
6	210	126	882
7	0	0	0

4.2. Diskriminantna analiza

Diskriminantnom analizom se nastoji da se odredi odnos putnika prema pojedinim vrstama transportnog sistema na bazi verovatnoće izbora pojedinog sredstva.

Faktori koji se koriste u ovoj analizi su:

- vreme putovanja;
- komfor;
- cena;
- pouzdanost.

Verovatnoća izbora sredstva prevoza određuje se pomoću funkcije oblika;

$$P(z) = \frac{e^z}{(1 + e^z)} \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$Z_j = a_0 + \sum a_i X_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \dots\dots\dots(6)$$

gde je:

- $P(z)$ - verovatnoća izbora jednog prevoznog sredstva
- a_0 - konstanta
- a_i - koeficijenti važnosti pojedinih promenljivih u izboru sredstva
- X_{ij} - vrednost i -te promenljive za j -tog putnika
- Z_j - mera preferencije putnika za određenu vrstu prevoza
- i - broj promenljivih koje utiču na preferenciju

⇒ **Primer 1:**

Za jedno područje empirijski je određena mera preferencije za određeni vid prevoza i ona je:

$$Z_j = 0.2 + 0.8X_1 + 0.6X_2 + 0.35X_3$$

X_1 je razlika u vremenu pešačenja kod JGPP-a i individualnog vozila

X_2 je razlika u vremenu čekanja

X_3 je razlika u vremenu vožnje

Za $X_1 = 5$ min., $X_2 = 10$ min. i $X_3 = 15$ min., odrediti verovatnoću izbora JGPP-a, kao sredstva prevoza.

➤ **Rešenje:**

$$Z_j = 0.2 + 0.8 \cdot 0.083 + 0.6 \cdot 0.166 + 0.35 \cdot 0.25 = 0.4535$$

$$P(z) = \frac{e^z}{(1+e^z)} = 0.61$$

Verovatnoća izbora JGPP-a je 0.61, a individualnog automobila je 0.39, što znači da je procentualna podela učešća u ukupnim radnim kretanjima:

$$\text{JGPP : PA} = 61\% : 39\%$$

⇒ **Primer 2:**

Za hipotetički grad određena je mera preferencije za određeni vid prevoza i ona je:

$$Z_j = 0.25 + 0.81X_1 + 0.56X_2 + 0.33X_3 + 0.45X_4$$

X_1 je razlika u vremenu pešačenja kod JGPP-a i individualnog vozila

X_2 je razlika u vremenu čekanja

X_3 je razlika u vremenu vožnje

X_4 je razlika u vremenu pristupa

Za $X_1 = 6$ min., $X_2 = 11$ min., $X_3 = 10$ min. i $X_4 = 5$ min., odrediti verovatnoću izbora JGPP-a, kao sredstva prevoza.

➤ **Rešenje:**

$$Z_j = 0.25 + 0.81 \cdot 0.1 + 0.56 \cdot 0.183 + 0.33 \cdot 0.166 + 0.45 \cdot 0.166 = 0.5974$$

$$P(z) = \frac{e^z}{(1+e^z)} = 0.65$$

Verovatnoća izbora JGPP-a je 0.65, a individualnog automobila je 0.35, što znači da je procentualna podela učešća u ukupnim radnim kretanjima:

$$\text{JGPP : PA} = 65\% : 35\%$$

Za podatke o radnim kretanjima između zona datim u tabeli 17 izračunati broj radnih kretanja između zona koja se obavljaju JGPP-om.

Tabela 17. Matrica radnih kretanja zona-zona

zona	1	3
1	0	750
2	520	650
3	340	0

S obzirom na to da je procenat učešća JGPP-a u ukupnim radnim kretanjima 65% izračunata je matrica radnih kretanja zona-zona izvršenih JGPP-om. Rezultati su prikazani u tabeli 18.

Tabela 18. Matrica radnih kretanja zona-zona izvršenih JGPP-om

zona	1	3
1	0	488
2	338	422
3	221	0

Formiranje mreže i modeli opterećenja mreže

Formiranje mreže predstavlja važnu fazu u planiranju elemenata transportnog sistema. Sve prethodno izvršene radnje su priprema za definisanje najpovoljnijeg transportnog sistema u budućnosti. Mreža, kao najrigidniji deo sistema, zauzima najvažnije mesto. Ulazne veličine, za ovaj korak, su transportni zahtevi i postojeće stanje mreže, a izlazne veličine su odabrane mreže.

Pre nego se pristupi formiranju mreže, prolazi se kroz neke hipotetičke faze.

Hipotetičke mreže su:

- mreža linije želja
- spajder (paukova) mreža

Mreža linije želja, predstavlja merodavna kretanja iz matrice zona-zona, grafički interpretirana na karti. Linije želja spajaju centroide zona koje razmenjuju kretanja, po najkraćoj vazdušnoj liniji, ne vodeći računa o prirodnim i veštačkim preprekama.

Paukova (spajder) mreža je korak bliže realnom stanju. Dobija se na taj način što se postavlja uslov da sva kretanja moraju prolaziti kroz centroide susednih zona uz poštovanje prirodnih i veštačkih ograničenja

Formiranje realne mreže treba da poštuje koridorske zahteve za putovanjem i određena ograničenja koja postoje, kao što su:

- fizičke prepreke
- geotehnička ograničenja

- stepen izgrađenosti
- čuvanje spomenika kulture u koridoru
- ekološke zahteve
- estetske zahteve

Pored uzimanja u obzir ograničenja, mora se poštovati rang predviđene saobraćajnice, što određuje podužne i poprečne elemente trase, tip i broj priključaka i ukrštanja, stepen opremljenosti itd.

Tipovi realnih mreža su sledeći:

- hipotetička brzina (minimalne staze)
- hipotetički tokovi ("sve ili ništa")
- realno opterećenje

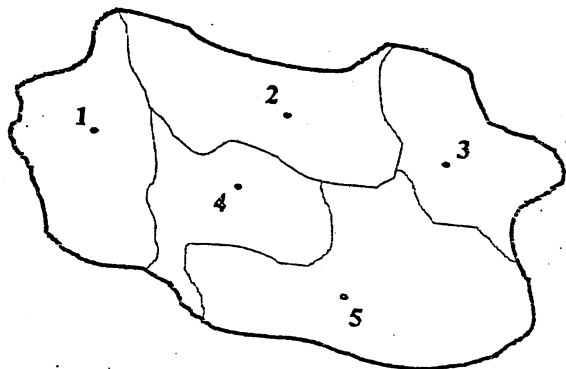
Metod minimalnih staza podrazumeva da se saobraćaj između zona odvija po najkraćim putanjama između tih zona.

Metod "sve ili ništa" sastoji se u tome da se sav saobraćaj između para zona dodeljuje putanji koja ima najmanji faktor otpora i odvija se u nekoliko faza:

1. preračunava se skup minimalnih staza iz grafa kojim je prikazana transportna mreža
2. podaci iz izvorno-ciljne matrice putovanja pripisuju se deonicama duž odabranih putanja
3. sumiraju se opterećenja duž deonica i dobija se konačna slika opterećenja transportne mreže.

⇒ Primer 1:

Na osnovu matrice interzonske razmene putovanja (tabela 1) nacrtati linije želja za date zone.

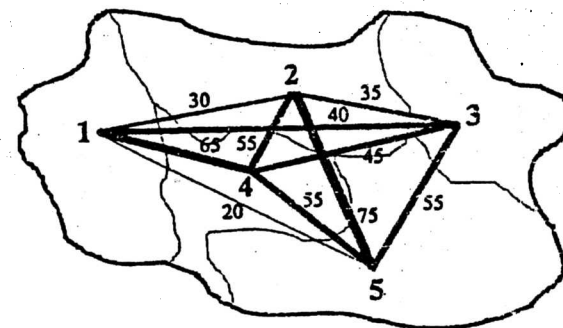


Slika 1. Zonski sistem zadatog područja

Tabela 1. Međuzonska razmena putovanja (put./dan)

zona	1	2	3	4	5
1	-	20	30	50	10
2	10	-	20	40	60
3	10	15	-	20	30
4	15	15	25	-	35
5	10	15	25	20	-

➤ Rešenje:



Slika 2. Linije želja (put./dan)

⇒ Primer 2:

Na osnovu informacija o nameni površina i mreži saobraćajnica u gradu kao i zonskog sistema, potrebno je:

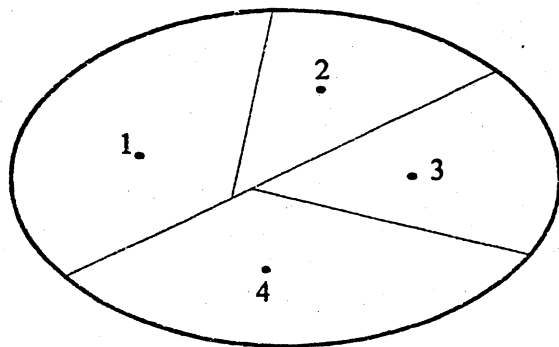
- a) formirati spajder (paukovu) mrežu
- b) odrediti gustine formiranja mreže i direktnost tokova na relaciji zona 1 - zona 4;

Podaci su sledeći:

- površina područja $F = 1020$ ha
- broj čvorova na mreži $N = 84$
- dužina mreže saobraćajnica $L = 35$ km
- dužina stvarne mreže između zona 1 i 4 $S_s = 11$ km
- dužina vazdušnog rastojanja između zona 1 i 4 $S_v = 2$ km

Tabela 2. Međuzonska razmena putovanja (put/dan)

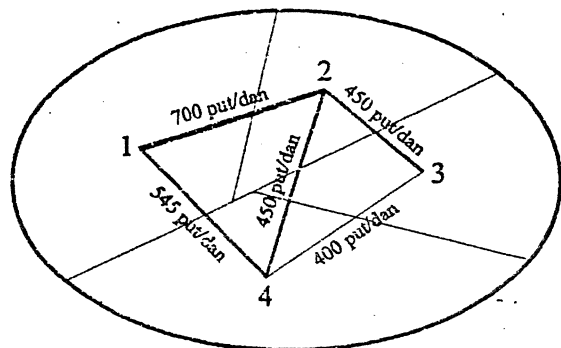
zona	1	2	3	4
1	-	200	-	545
2	350	-	-	450
3	200	250	-	400
4	-	-	-	-



Slika 3. Zonski sistem grada

➤ Rešenje:

a) Formiranje spajder mreže



Slika 4. Spajder (paukova) mreža

b)

$$\text{- gustina mreže} - \frac{\sum L}{F} = \frac{35}{1020} = \text{km/ha} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{- gustina čvorova} - \frac{\sum N}{F} = \frac{84}{1020} = \text{čvorova/ha} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{- direktnost tokova od zone 1-4} - U_1 = \frac{s_1}{s_2} = \frac{11}{2} = 5.5 \quad \dots\dots\dots(3)$$

➔ **Primer 3:**

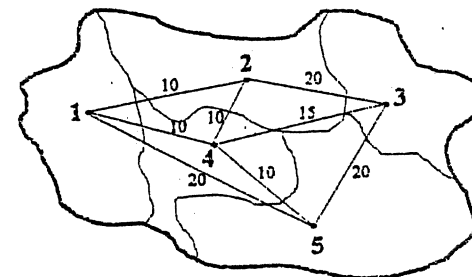
Metodom minimalnih staza, za područje na slici 5, odrediti najkraće putanje između zona i izvršiti opterećenje mreže. Podaci o broju putovanja na dan, između zona i vremena putovanja između zona dati su u narednim tabelama.

Tabela 3. Matrica razmene putovanja zona-zona (put./dan)

zona	1	2	3	4	5
1	-	20	30	50	10
2	10	-	20	40	60
3	10	15	-	20	30
4	15	15	25	-	35
5	10	15	25	20	-

Tabela 4. Vremena putovanja između zona (min)

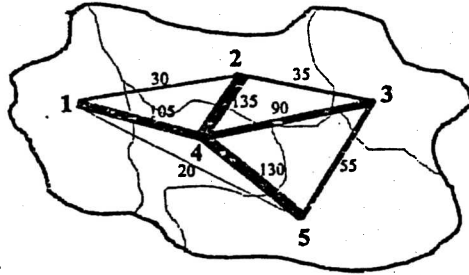
zona	1	2	3	4	5
1	-	10	25	10	20
2	10	-	20	10	20
3	25	20	-	15	10
4	10	10	15	-	10
5	20	20	10	10	-



Slika 5. Zadato područje (sa vremenima putovanja u min.)

➤ **Rešenje:**

Metoda "minimalnih staza" podrazumeva opterećivanje mreže po stazama sa najkraćim vremenom putovanja



Slika 6. Opterećenje mreže izvršeno metodom minimalnih staza

➔ **Primer 4:**

Metodom "sve ili ništa" izvršiti opterećenje mreže, za podatke date u narednim tabelama i na slici.

Tabela 5. Matrica putovanja zona-zona (put./dan)

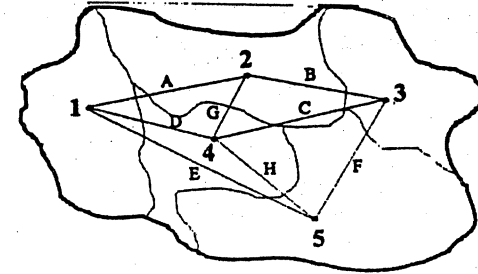
zona	1	2	3	4	5
1	-	20	30	50	10
2	10	-	20	40	60
3	10	15	-	20	30
4	15	15	25	-	35
5	10	15	25	20	-

Tabela 6. Brzina putovanja između zona (km/h)

zona	1	2	3	4	5
1	-	30	20	20	40
2	30	-	35	30	30
3	20	35	-	20	40
4	20	30	20	-	30
5	40	30	40	30	-

Tabela 7. Udaljenost između zona (km)

zona	1	2	3	4	5
1	-	5	12	5	10
2	5	-	10	5	10
3	12	10	-	7	5
4	5	5	7	-	5
5	10	10	5	5	-



Slika 7. Zadato područje

➤ **Rešenje:**

Opterećenje iz zone 1:

- u zonu 2 preko putanje A
- u zonu 3 preko putanja E i F
- u zonu 4 preko putanje D
- u zonu 5 preko putanje E

Opterećenje iz zone 2:

- u zonu 1 preko putanje A
- u zonu 3 preko putanje B
- u zonu 4 preko putanje G
- u zonu 5 preko putanja G i H

Opterećenje iz zone 3:

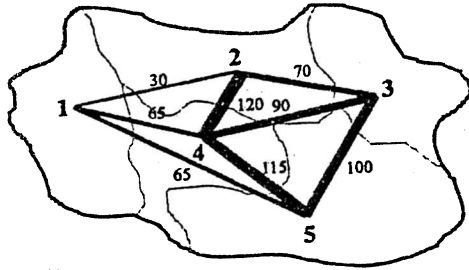
- u zonu 1 preko putanja E i F
- u zonu 2 preko putanje B
- u zonu 4 preko putanje C
- u zonu 5 preko putanje F

Opterećenje iz zone 4:

- u zonu 1 preko putanje D
- u zonu 2 preko putanje G
- u zonu 3 preko putanje C
- u zonu 5 preko putanje H

Opterećenje iz zone 5:

- u zonu 1 preko putanje E
- u zonu 2 preko putanja G i H
- u zonu 3 preko putanje F
- u zonu 4 preko putanja H



Slika 8. Opterećenje mreže metodom "sve ili ništa"

► Primer 5:

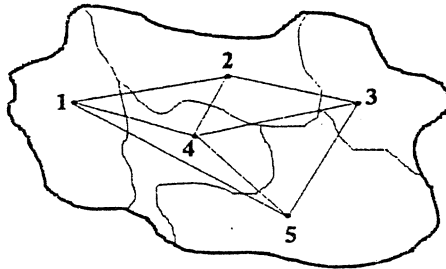
Pomoću probabilističkog modela datog u obliku:

$$p(k) = \frac{e^{(-\theta t_k)}}{\sum e^{(-\theta t_k)}} \quad \dots\dots\dots(4)$$

gde je:

- $p(k)$ – verovatnoća izbora rute k
- t_{pk} – vreme putovanja po ruti k
- θ – "diverzioni" parametar

izvršiti opterećenje mreže na slici za podatke date u tabelama.



Slika 9. Zadato područje

Tabela 8. Vreme putovanja između zona

ruta	1-2	1-4	1-5	2-3	2-4	4-3	4-5	5-3
t_p (min)	10	10	20	20	10	15	10	10

Tabela 9. Matrica putovanja zona-zona (out/dan)

zona	1	2	3	4	5
1	-	500	700	200	600
2	200	-	300	100	600
3	300	500	-	400	200
4	800	900	500	-	100
5	200	300	300	200	-

Vrednost diverzionog parametra je:

$$\theta = 0.2$$

► Rešenje:

Pošto su zone 1 i 2, 1 i 4, 1 i 5, 2 i 3, 2 i 4, 4 i 3, 4 i 5, 5 i 3 direktno spojene (i to najkraćim stazama) opterećenje mreže iz/u ove zone vršice se po njima, a za parove zona 1-3 i 2-5 radi se provera na sledeći način:

Iz zone 1 u zonu 3:

$$-1-2-3 \Rightarrow t_{p1} = 30 \text{ min.}$$

$$p(1) = \frac{e^{-0,2 \cdot 30}}{e^{-0,2 \cdot 30} + e^{-0,2 \cdot 25} + e^{-0,2 \cdot 25}} = 0.212$$

$$-1-4-3 \Rightarrow t_{p2} = 25 \text{ min.}$$

$$p(2) = \frac{e^{-0,2 \cdot 25}}{e^{-0,2 \cdot 30} + e^{-0,2 \cdot 25} + e^{-0,2 \cdot 25}} = 0.576$$

$$-1-5-3 \Rightarrow t_{p3} = 30 \text{ min.}$$

$$p(3) = \frac{e^{-0,2 \cdot 30}}{e^{-0,2 \cdot 30} + e^{-0,2 \cdot 25} + e^{-0,2 \cdot 25}} = 0.212$$

Iz zone 2 u zonu 5:

$$-2-1-5 \Rightarrow t_p = 30 \text{ min.}$$

$$p(1) = \frac{e^{-0,2 \cdot 30}}{e^{-0,2 \cdot 30} + e^{-0,2 \cdot 20} + e^{-0,2 \cdot 25}} = 0.090$$

$$-2-3-5 \Rightarrow t_p = 30 \text{ min.}$$

$$p(2) = \frac{e^{-0,2 \cdot 30}}{e^{-0,2 \cdot 30} + e^{-0,2 \cdot 20} + e^{-0,2 \cdot 25}} = 0.666$$

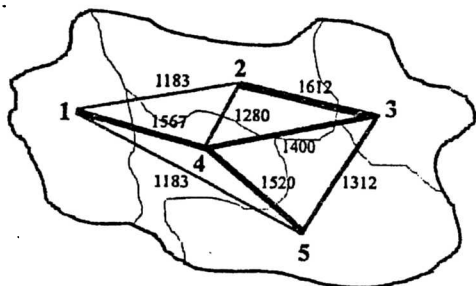
$$-2-4-5 \Rightarrow t_p = 20 \text{ min.}$$

$$p(3) = \frac{e^{-0,2 \cdot 20}}{e^{-0,2 \cdot 30} + e^{-0,2 \cdot 22} + e^{-0,2 \cdot 25}} = 0.244$$

Ovi rezultati pokazuju da ukoliko ima ukupno 1000 putovanja iz zone 1 u zonu 3 i iz zone 3 u zonu 1 tada će 212 putovanja biti realizovano rutom 1-2-3, 576 putovanja rutom 1-4-3, a 212 putovanja rutom 1-5-3.

Broj putovanja iz zone 2 u zonu 5 je 600, a broj putovanja iz zone 5 u zonu 2 je 300, što je ukupno 900 putovanja, biće raspoređeni tako što će se rutom 2-1-5 realizovati 81 putovanje, rutom 2-3-5 realizovaće se 599 putovanja, a rutom 2-4-5, 220 putovanja.

Za podatke o broju putovanja između zona, date u tabeli 9, na slici je prikazano opterećenje mreže.



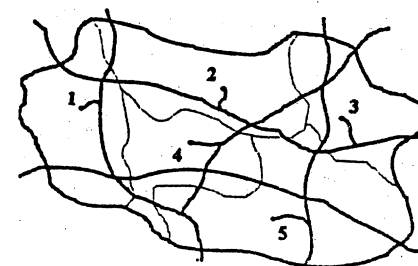
Slika 10. Opterećenje mreže izvršeno po probabilističkom modelu

➔ Primer 6:

Izvršiti opterećenje realne mreže za podatke date u sledećoj tabeli i na slici.

Tabela 10: Matrica međuzonske razmene putovanja

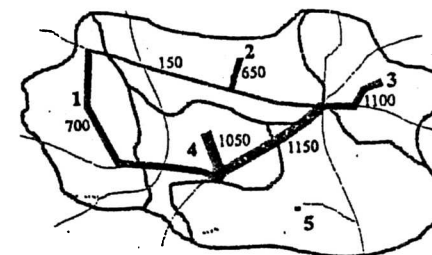
zona	1	3	4
1	-	200	300
2	150	250	300
3	100	-	450
4	-	-	-



Slika 11. Zadato područje

➤ Rešenje:

Poštujući postojeća ograničenja i postojeću mrežu saobraćajnica izvršeno je opterećenje realne mreže prikazano na slici 12.



Slika 12. Opterećenje realne mreže

6.

Vrednovanje

Vrednovanje je postupak kojim se od više predloženih rešenja odabira najpovoljnije u odnosu na postavljene ciljeve, kriterijume kao i efekte i uložena sredstva.

Vrednovanje podrazumeva primenu različitih kvalitativnih i kvantitativnih metoda, kojima se ocenjuje svako od ponuđenih rešenja posebno. Neke od tih metoda su:

- Analiza ostvarenja ciljeva
- Analiza indirektnih i razvojnih efekata
- Analiza troškova i koristi
- Višekriterijumska analiza itd.

Svaka od ovih metoda podrazumeva definisanje određenih kriterijuma vrednovanja koji mogu biti različite prirode. Najčešće su to sledeće grupe kriterijuma:

- kriterijumi funkcionalnosti
- ekonomski kriterijumi
- ekološki kriterijumi.

Specifičnu vrstu vrednovanja predstavlja višekriterijumska analiza koja rangira varijante rešenja u odnosu na više kriterijuma odjednom, a kriterijumi su, najčešće, različite prirode (ekonomski, funkcionalni itd).

6.1. Analiza troškova i koristi

Analiza troškova i koristi (cost-benefit analiza) o osnovi se sastoji u upoređivanju svih koristi koje nastaju realizacijom projekta sa svim troškovima koji su povezani sa realizacijom.

Već u pristupu analizi treba odgovoriti na sledeća pitanja:

1. Koji troškovi treba da budu obuhvaćeni analizom?
2. Koje koristi i u kojoj formi treba obuhvatiti?
3. Po kojoj diskontno-eskontnoj stopi će se obračunavati troškovi i koristi?

Osnovni kriterijum ove metode je:

$$\frac{T}{K} \leq 1 \quad \dots\dots\dots(1)$$

T – ukupni troškovi obuhvaćeni analizom

K – ukupne koristi obuhvaćene analizom

Ovaj kriterijum pokazuje da je projekat ekonomski opravdan ukoliko je odnos troškova i koristi manji od jedinice, odnosno ukoliko su ukupne koristi veće od ukupnih troškova.

Ukupni troškovi T obuhvataju troškove realizacije projekta (Tg) svedene, na prvu godinu puštanja projekta u rad, diskontnom stopom $r = OCK^{(1)}$ i troškove eksploatacije (Te) svedene takođe na prvu godinu puštanja projekta u rad diskontnom stopom $r = OCK$

$$T = Tg + Te \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$Tg = Tg_1(1+OCK)^{m-1} + Tg_2(1+OCK)^{m-2} + \dots + Tg_m(1+OCK)^{m-m} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$Te = \frac{Te_1}{(1+OCK)^1} + \frac{Te_2}{(1+OCK)^2} + \dots + \frac{Te_n}{(1+OCK)^n} \quad \dots\dots\dots(4)$$

- Tg_m – troškovi izgradnje u m -toj godini gradnje
- Te_n – troškovi eksploatacije u n -toj godini eksploatacije

⁽¹⁾O oportunitetnoj ceni kapitala (OCK) pogledati u [4]

– m – broj godina izgradnje projekta

– n – broj godina eksploatacije projekta

Ukupne koristi obuhvaćene analizom svode se, postupkom diskontovanja na prvu godinu eksploatacije projekta:

$$K = \frac{K_1}{(1+r)^1} + \frac{K_2}{(1+r)^2} + \dots + K_n + (1+r)^n \quad \dots\dots\dots(5)$$

► Primer 1:

Za jedan saobraćajni projekat dati su nediskontovane vrednosti troškova eksploatacije (Te) i koristi (K) za 5-to godišnji period i troškovi izgradnje (Tg) za dve godine (tabela 1). Diskontnom stopom $r = 10\%$ svesti date troškove i koristi na prvu godinu puštanja projekta u rad i oceniti ekonomsku opravdanost projekta.

Tabela 1. Troškovi izgradnje, troškovi eksploatacije i koristi (Tg , Te , K)

god.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.
Te (nj)	-	-	50	70	80	80	90
K (nj)	-	-	100	250	350	450	500
Tg (nj)	300	400	-	-	-	-	-

► Rešenje:

$$T = Tg + Te = [300(1+0.1)^1 + 400(1+0.1)^0] + \left[\frac{50}{(1+0.1)^1} + \frac{70}{(1+0.1)^2} + \frac{80}{(1+0.1)^3} + \frac{80}{(1+0.1)^4} + \frac{90}{(1+0.1)^5} \right] = 1061.26 \text{ nj}$$

$$K = \left[\frac{100}{(1+0.1)^1} + \frac{250(1+0.1)^2 + 350}{(1+0.1)^3} + \frac{450}{(1+0.1)^4} + \dots + \frac{500}{(1+0.1)^5} \right] = 1710.40 \text{ nj}$$

$$\frac{T}{K} = \frac{1061.26}{1710.40} = 0.620 < 1$$

Po ovom kriterijumu, jer su koristi daleko veće od troškova, projekat je opravdan.

6.2. Metode višekriterijumske analize

Višekriterijumska analiza podrazumeva izbor jedne varijante, od više ponuđenih, u odnosu na više kriterijuma istovremeno.

Da bi višekriterijumska analiza bila sprovedena treba uraditi sledeće:

- izvršiti izbor kriterijuma za višekriterijumsku analizu
- utvrditi značaj izabranih kriterijuma
- izabrati metodu višekriterijumske analize.

Postoji mnogo metoda višekriterijumske analize (MAX-MIN, SAW, TOPSIS, PROMETHEE I i II, ELECTRE, AHP itd) ali u osnovi svaka od njih se sastoji iz sledećih koraka:

1. Utvrditi vrednosti svake varijante po svakom kriterijumu
2. Odrediti relativne težine kriterijuma
3. Utvrditi konačan ili parcijalan rang varijanti.

6.2.1. Metoda SAW (Simple Averaging Weights)

Ova metoda se sastoji iz 4 koraka.

I korak: Definisavanje osnovne matrice. Podrazumeva definisanje kriterijuma za vrednovanje, broj varijanti i vrednosti varijanti po svim kriterijumima.

II korak: Određivanje težinskih koeficijenata kriterijuma. Može se vršiti Delfi metodom, metodom rejtinga, Satijevom metodom itd.

III korak: Normalizacija ulazne matrice. Može se vršiti na više načina. Jedan od načina je sledeći:

$$\bullet \text{ za kriterijume koji se maksimiziraju: } r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{\max}} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$\bullet \text{ za kriterijume koji se minimiziraju: } r_{ij} = \frac{x_{\max}}{x_{ij}} \quad \dots\dots\dots(7)$$

IV korak: Izračunavanje ukupnog broja bodova za svaku varijantu. Vrednosti jedne varijante po svim kriterijumima se množe odgovarajućim težinskim koeficijentima datih kriterijuma i ti proizvodi se sabiraju:

$$V_i = \sum x_{ij} \omega_j \quad \dots\dots\dots(8)$$

➔ **Primer 1:**

Između dva gradska područja treba postaviti liniju javnog gradskog prevoza putnika (JGPP). Kao varijante predložene su jedna tramvajska i jedna autobuska linija. Pomoću metode SAW izvršiti izbor vida prevoza.

Date su tramvajska i autobuska linija sa sledećim karakteristikama.

Tabela 1. Karakteristike tramvajske i autobuske linije

vid prevoza	t_p (min)	Ti (mil.din)	Te (mil.din)	EKP
TW	70	300	100	10
BUS	80	200	120	5

gde je:

- t_p – vreme putovanja (u jednom smeru)
- Ti – troškovi investicije (u milionima dinara)
- Te – troškovi eksploatacije u 10-to godišnjem periodu (mil. din.)
- EKP – ekološka podobnost (u bodovima)

Tabela 2. Težinski koeficijenti kriterijuma

kriterijum	t_p (min)	Ti (mil.din)	Te (mil.din)	EKP
tež.koef. ω_j	3	2	2	1

Kriterijum t_p (min) teži minimumu;

Kriterijum Ti (mil.din) teži minimumu;

Kriterijum Te (mil.din) teži minimumu;

Kriterijum EKP teži maksimumu;

► Rešenje:

1. Vršiti se normalizaciju ulazne matrice pomoću formula (3) i (4)

Tabela 3. Normalizovana matrica

vid prevoza	t_p (min)	Ti (mil.din)	Te (mil.din)	EKP
TW	0.46	0.60	0.45	0.66
BUS	0.54	0.40	0.55	0.33

2. Vrednosti u normalizovanoj matrici pomnože se odgovarajućim težinskim koeficijentima kriterijuma i dobijene vrednosti sabiraju se za svaku alternativu.

$$V_{bus} = 0.46 \times 3 + 0.60 \times 2 + 0.45 \times 2 + 0.66 \times 1 = 4.14$$

$$V_{tw} = 0.54 \times 3 + 0.40 \times 2 + 0.55 \times 2 + 0.33 \times 1 = 3.85$$

Iz rezultata sledi da alternativa BUS ima veći rang od alternative TW, pa je stoga, izabrana alternativa BUS

6.2.2. PROMETHEE

Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment Evaluations

Prema Bransu i Marešalu metoda PROMETHEE je pogodna za rešavanje problema višekriterijumskog rangiranja, sledećeg tipa:

$$\max f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x) \text{ za } x \in A$$

gde je A konačan skup mogućih alternativa i $f_j(x)$ $j = 1, 2, \dots, n$; skup kriterijuma.

Metoda PROMETHEE se sastoji iz tri koraka.

- U prvom koraku se uzimaju u obzir razlike između vrednosti kriterijuma.
- U drugom koraku se prikazuju odnosi alternativa.
- U trećem koraku se koriste pomoćna sredstva za donošenje odluke.

Da bismo po metodi PROMETHEE mogli da poredimo alternative moramo da izračunamo indeks preferencije:

$$\pi(a, b) = \sum \omega_j P(a, b) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \dots \dots \dots (9)$$

gde je:

ω_j – težinski koeficijent j -tog kriterijuma

$P(a, b)$ – funkcija preferencije, koja zavisi od amplitude divergencije d :

$$d = (f(a) - f(b)) \quad \dots \dots \dots (10)$$

1. $P(a, b) = 0$ ako je $d \leq 0$
2. $P(a, b) \approx 0$ ako je $d > 0$
3. $P(a, b) \approx 1$ ako je $d \gg 0$
4. $P(a, b) = 1$ ako je $d \gg \gg 0$

Uvedimo funkciju $H(d)$ koja ima sledeće vrednosti:

$$\begin{aligned} H(d) &= P(a, b) \text{ za } d \geq 0 \\ H(d) &= P(b, a) \text{ za } d \leq 0 \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (11)$$

Brans i Marešal predlažu šest oblika funkcije $H(d)$.⁽²⁾

Nakon izračunavanja indeksa preferentnosti izračunavamo sledeće veličine:

$$\Phi_+(a) = \sum_{x \in A} \pi(a, x) - \text{pozitivan neto tok} \quad \dots \dots \dots (12)$$

$$\Phi_-(a) = \sum_{x \in A} \pi(x, a) - \text{negativan neto tok} \quad \dots \dots \dots (13)$$

Po PROMETHEE I alternative poredimo na sledeći način:

1. Ako je:

$$\Phi_+(a) > \Phi_+(b) \text{ i } \Phi_-(a) < \Phi_-(b)$$

$$\Phi_+(a) > \Phi_+(b) \text{ i } \Phi_-(a) = \Phi_-(b)$$

$$\Phi_+(a) = \Phi_+(b) \text{ i } \Phi_-(a) < \Phi_-(b)$$

tada je $a P b$ tj. a je preferentno u odnosu na b .

⁽²⁾ Detaljnije o oblicima funkcije $H(d)$ pogledati u [3]

2. Ako je:

$$\Phi+(a) = \Phi+(b) \text{ i } \Phi-(a) = \Phi-(b)$$

tada je $a I b$ tj. a je indiferentno u odnosu na b .

3. U svim ostalim slučajevima a i b su nekomparabilne, $a R b$

Na ovaj način, po PROMETHEE I, vrši se parcijalno rangiranje varijanti. Za kompletno rangiranje varijanti koristimo PROMETHEE II.

Uvodimo veličinu $\Phi(a)$ koja predstavlja razliku tokova $\Phi+(a)$ i $\Phi-(a)$. Tada je:

$$a P b \text{ ako i samo ako je } \Phi(a) > \Phi(b)$$

$$a I b \text{ ako i samo ako je } \Phi(a) = \Phi(b)$$

⇒ **Primer 3:**

U tabeli 4 date su tehničko-eksploatacione karakteristike tri varijante puta (V1, V2 i V3), kao i ulazni podaci za metode PROMETHEE I i II.

Metodama PROMETHEE I i II izabrati najpovoljniju varijantu puta.

Za sve kriterijume osim za kriterijum ISR izabran je V - oblik (linearan) funkcije $H(d)$.

Za kriterijum ISR izabrana je odskočna funkcija.

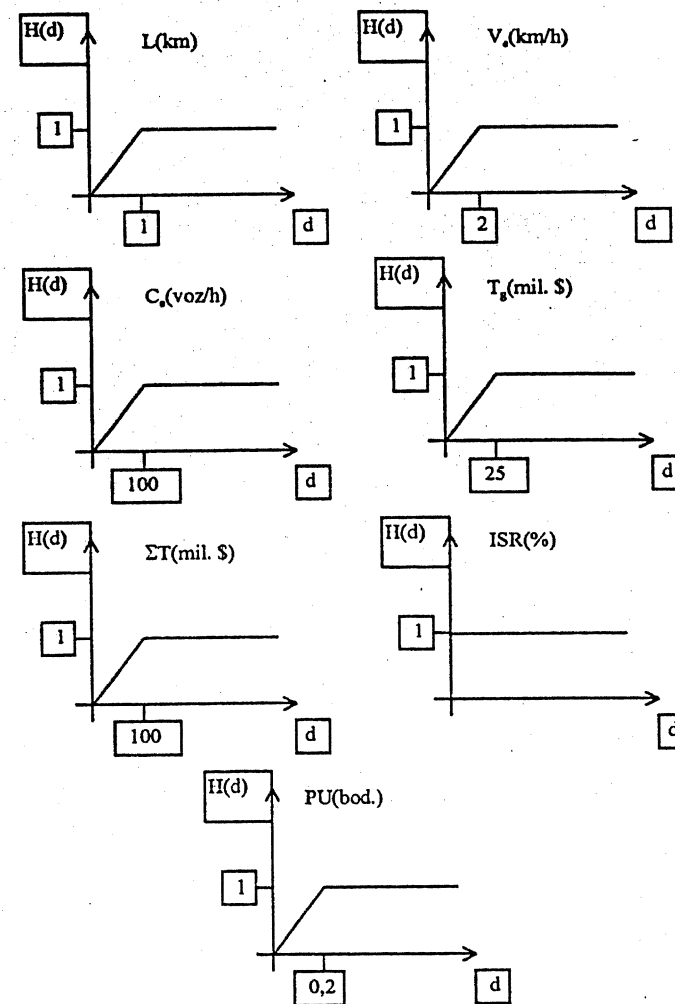
Tabela 4. Vrednosti varijanti po kriterijumima

	L (km)	V_e (km/h)	C_e (voz/h)	T_g (n.j.)	ΣT (n.j.)	ISR (%)	PU (bod.)
V1	196,00	88	6380	1209,038	6047,618	-4,89	16,7
V2	177,90	92	6653	1169,048	5920,447	-4,56	12,1
V3	176,35	86	6307	1192,770	5827,730	-1,20	12,0
fun. Hd	linearna	linearna	linearna	linearna	linearna	odskocn	linearna
prag pref.	1	2	100	25	100	0	0,2
težine krit	2	3	3	2	4	5	1
	min	max	max	min	min	max	max

➤ **Rešenje:**

Na osnovu formule (6) i zadatih oblika preferentnih funkcija datih na slici 1, računamo indekse preferentnosti date u tabeli 5:

$$\pi(a,b) = \sum \omega_j P(a,b) \quad j = 1,2,\dots,n \quad \dots\dots\dots(6)$$



Slika 1. Preferentne funkcije za zadate kriterijume

Tabela 5. Indeksi preferentnosti i pozitivan i negativan neto tok

	V1	V2	V3	$\Phi+$
V1	0.000	0.000	0.273	0.137
V2	1.000	0.000	0.416	0.708
V3	0.647	0.564	0.000	0.606
$\Phi-$	0.824	0.282	0.344	

Pomoću formula za pozitivan i negativan neto tok dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 6.

$$\Phi+(a) = \sum_{x \in A} \pi(a, x) - \text{pozitivan neto tok}$$

$$\Phi-(a) = \sum_{x \in A} \pi(x, a) - \text{negativan neto tok}$$

Konačan rang po PROMETHEE II dobija se pomoću formule:

$$\Phi(a) = \Phi+(a) - \Phi-(a)$$

Rezultati su prikazani u tabeli 6.

Tabela 6. Rezultati po PROMETHEE II

V1	$\Phi(V1) = -0.687$	III
V2	$\Phi(V2) = 0.426$	I
V3	$\Phi(V3) = 0.261$	II

Nakon izvršenog poređenja varijanti dobijen je sledeći rang:

V2 - I

V3 - II

V1 - III

Znači, po PROMETHEE I i II najbolja varijanta je V2.

L i t e r a t u r a

- [1.] J. Black: "Urban Transportation Planning-Theory and Practice", Croom Helm London, 1981.
- [2.] R. Bogdanović, J. Jović: "Značaj ekoloških uticaja na vrđnovanje alternativa u saobraćaju" - Skup "Podunavlje u Srbiji", Beograd, maj 1996.
- [3.] J.P. Brans and B. Marechal, "PROMETHEE methods for MCDM, the PROMCALC, GAYA and BANKADVISER", Centrum voor statistiek en Operationeel Onderzoek, VUB January 1989.
- [4.] M.J. Bruton: "Introduction to Transport Planning", Hutchinson and Co, London, 1985.
- [5.] P.T. Harker, "The Art and Science of Decision Making: Analytic Hierarchy Process", Decision Science Working Program June 1988.
- [6.] B.G. Hutchinson: "Principles of Transport Planning", Scripta Book Company, Washington D.C., 1974.
- [7.] N. Jovanović: "Planiranje saobraćaja", Saobraćajni fakultet, Beograd, 1992.
- [8.] N. Jovanović i saradnici: "Saobraćajna studija Osijeka", Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd, 1983.
- [9.] N. Jovanović i saradnici: "Saobraćajna studija Kruševca", Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd, 1990.
- [10.] N. Jovanović i saradnici: "Saobraćajna studija Tuzle", Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd, 19.

- [11.] J. Jović: "Planiranje saobraćaja u gradovima", Saobraćajni fakultet, Beograd, 1996.
- [12.] LJ. Kuzović: "Vrednovanje u upravljanju eksploatacijom putne mreže", Saobraćajni fakultet, Beograd, 1994.
- [13.] M. Popović: "Primena višekriterijumske analize u planiranju i projektovanju putne mreže", SYM-OP-IS, Zlatibor, 1996.
- [14.] F. Roy and P. Vincke, "Multicriteria analysis: survey and new directions", European Journal of Operational Research 8, 1981.
- [15.] V. Vučić: "Javni gradski prevoz", Naučna knjiga, Beograd, 1987.

Spisak pojmova

SRPSKI	ENGLJSKI
Algoritam	Algoritam
Alternativa postojećeg stanja	Do-nothing strategy
Analiza izvodljivosti	Feasibility analysis
Analiza putovanja	Trip rate analysis
Analiza troškova i efekata	Cost-effectiveness analysis
Analiza troškova i koristi	Cost-benefit analysis
Anketa o parkiranju	Parking survey
Anketa taksi vozila	Taxi survey
Anketa tereta	Commercial vehicle survey
Anketiranje pešaka	Pedestrian survey
Anketno mesto	Roadside interview station
Autobus	Bus
Autobuska niša	Bus bay
Autobuski prevoz	Bus rapid transit
Bicikl	Bicycle
Biciklistička staza	Bicycle path
Broj registrovanih motornih vozila	Vehicle ownership
Brojanje po kategoriji vozila	Vehicle classification count

SRPSKI	ENGLESKI
Brojanje saobraćaja na pregradnoj liniji	Screen line count
Brojački punkt	Count station
Brojanje pešačkih tokova	Pedestrian count
Brojanje saobraćaja na kordonskoj liniji	Cordon count
Centar, središte	Centre
Centralna gradska zona	CBD area
Centralna poslovna gradska zona	Central business district
Centroid zone	Centroid
Cilj nižeg reda	Objective
Cilj višeg reda	Transport goal
Cilj, odredište (kretanja)	Destination
Ciljno putovanje	External-internal trip
Cirkulacija, kretanje	Circulation
Dovoženje putnika do stanice	Kiss-and-ride
Drumski javni prevoz	Highway transit
Dužina putovanja	Trip distance
Dugoročno planiranje	Long rang planning
Istraživačka ekipa	Survey crew
Faktorska analiza	Factor analysis
Formiranje mreže	Network building
Generisanje putovanja	Traffic generation
Glavna gradska saobraćajnica	Arterial street
Grad	City
Gradski prevoz	Urban Transport
Gravitacioni model	Gravity model
Grupni prevoz po telefonskom pozivu	Dial-a-ride transit
Gustina saobraćajnog toka	Traffic concentration
Istraživanje u oblasti planiranja saobraćaja	Transport planning study
Idealna (spajder) mreža	Simplified (spider) network
Istraživanje	Research
Izbor putanje kretanja	Route choice
Izučavanje izvora i cilja kretanja	Origin and destination study
Javni put	Highway
Jedan od krajeva putovanja	Trip end

SRPSKI	ENGLESKI
JGPP na užem gradskom području	City transit
Kalibracija	Calibration
Kapacitet voznog parka	Fleet capacity
Kapacitet, propusna moć	Capacity
Kategorija puta	Road category
Koeficijent iskorišćenja kapaciteta linija	Capacity utilization factor
Krajnja stanica	Terminus
Kretanje koje se obavlja pešice	On-foot trip
Linija želja	Desire lines
Linija javnog gradskog prevoza	Transit line
Lokalni put	County road
Magistralni put	Arterial highway
Matrica putovanja	Trip matrix
Međugradski tramvaj	Interurban railway
Međuzonsko putovanje	Interzonal trip
Metoda pokretnog posmatrača	Moving observer method
Mobilnost stanovništva	Population mobility
Model	Model
Model raspodele putovanja	Trip distribution model
Motorni saobraćaj	Vehicular circulation
Motorni saobraćaj	Automobile traffic
Moguć kapacitet	Possible capacity
Mreža pešačkih saobraćajnica	Pedestrian network
Način prevoza	Mode of transport
Namena površina	Land use
Nemotorizovani saobraćaj	Non-motorized traffic
Nivo usluge	Level of service
Oblast područje	District
Obodna zona centra grada	CBD fringe area
Obrazac za brojanje vozila	Count recording sheet
Opterećenje deonice	Link volume
Paratranzit	Paratransit
Parking mesto	Parking bay
Parkiranje	Parking

SRPSKI	ENGLESKI
Pešačka zona	Pedestrian area
Pešačko kretanje	Pedestrian circulation
Pešak	Walker
Periferijska zona	Outlying business district
Periferna gradska zona	Outlying area
Plan razvoja mreže sa definisanim prioritetom	Master plan
Planiranje saobraćaja u gradu	Urban transport planning
Podaci o kretanju	Trip card
Ponašanje korisnika transportnog sistema	Transport behaviour
Porast saobraćaja	Traffic growth
Poslovni deo grada izvan centra	Outlying business area
Pouzdanost	Reliability
Povratno putovanje	Round trip
Praktični kapacitet	Practical capacity
Predviđanje, prognoza	Forecast
Pretežno pešačka zona	Predominantly pedestrian area
Prethodna studija	Pilot study
Prevoz tereta	Freight transport
Prevoz, transport	Transport
Prevozni zahtev	Transport demand
Prihod	Income
Prilagodljivost transporta	Adaptability of transport
Pristupačnost	Accessibility
Privlačenje putovanja	Trip attraction
Privlačnost gradskog centra	CBD attraction
Procena, proračun	Estimate
Produkcija putovanja	Traffic production
Prognoza saobraćaja	Traffic forecast
Prosečna gustina saobraćaja	Average density of traffic
Prosečna transportna daljina	Average haul distance
Prosečni dnevni saobraćaj	Average daily traffic
Prosečni godišnji dnevni saobraćaj	Average annual daily traffic
Prostorne karakteristike putovanja	Travel pattern

SRPSKI	ENGLESKI
Prostorno-vremenski dijagram	time-space diagram
Putovanje čiji je izvor ili odredište kuća	Home-based trip
Putovanje u svrhu obavljanja privatnog posla	Personal business trip
Putovanje u svrhu odlaska i povratka sa posla	Work trip
Putna mreža	Road network
Putničko vozilo, automobil	Automobile
Putovanje ka centru grada	Inbound trip
Putovanje, kretanje	Journey
Raspodela putovanja po mreži	Assignment
Raspoloživi kapacitet parking mesta	Parking supply
Raspoloživost transporta	Availability of transport
Rastojanje pešačenja	Walking distance
Regresivna analiza	Regression analysis
Rekreativno putovanje	Recreation- social trip
Ručno brojanje saobraćaja	Manual count
Sabirna saobraćajnica	Collector road
Sabirna saobraćajnica	Collector-distributor road
Saobraćajna infrastruktura	Transport infrastructure
Saobraćaj	Traffic
Saobraćajna politika	Transport policy
Saobraćajna slika	Flow diagram
Saobraćajna studija	Traffic study
Saobraćajni koridor	Traffic corridor
Saobraćajni zahtev	Traffic demand
Sekundarni centri (10000-1000000 st.)	Cluster cities
Sekundarni centri (500000-1000000 st.)	Satellite cities
Sistem evidentiranja parkiranih vozila	Parking census
Sistemska analiza	Systems analysis
Snimanje saobraćaja	Traffic census
Sporadni put	Minor road
Stacionarni saobraćaj	Stationary traffic
Stajalište	Waiting bay

SRPSKI	ENGLISKI
Stanovništvo	Population
Stratifikovani izbor sl. uzorka	Stratified random sampling
Struktura svrha putovanja	Trip purpose pattern
Studija izvodljivosti	Feasibility study
Taksi	Cab
Tehnički izveštaj o postupku planiranja i projektovanja	Narrative report
Tehnika raspoređivanja putnika "sve ili ništa"	All-or-nothing assignment
Terensko izučavanje	Field study
Transportna studija	Transport study
Transportni put	Transport route
Tranzitno putovanje	External-external trip
U nivou, koji nije denivelisan	At-grade
Uže gradsko područje	Metropolitan area
Ukrštanje puta i želzničke pruge	Railway crossing
Ukupno vreme putovanja I-C	Door to door travel time
Ulica, gradska saobraćajnica	Street
Ulica namenjena isključivo JGPP	Bus-only street (BOS)
Unutargradska železnica	Intraurban railway
Unutarzonsko putovanje	Internal-internal trip
Urbanizam	Town planing
Vanvršni čas	Off-peak hour
Veza između čvorova u saobraćajnoj mreži	Network link
Višemodalni	Multimodal
Vozilo	Vehicle
Vršni čas	Peak hour
Vrednovanje projekata	Project evaluation
Vremenski period maksimalnih saobraćajnih zahteva	Maximum demand period
Vreme	Time
Vreme putovanja putnikom JGP	Transit travel time
Zadovoljenje prevoznih potreba	Transport supply
Zadovoljenje saobraćajnih potreba	Traffic supply

SRPSKI	ENGLISKI
Zagađenje okoline izazvano saobraćajem	Transport pollution
Zona koja privlači	Attractor
Zona za parkiranje	Parking area
Zona, područje	Area
Zonsko izučavanje	Areawide study

Beleška o autorima

Dr Jadranka Jović, dipl.inž saobraćaja rođena je 16.09.1951. god. Osnovnu školu završila je sa Vukovom diplomom, a gimnaziju sa odličnim uspehom, u Beogradu. Na Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu upisana je školske 1970/71 god., a diplomirala je 1975/76 god. sa ocenom 10. Diplomski rad joj je nagrađen posebnom nagradom Privredne komore Beograda, kao najbolji diplomski rad u toku 1976. godine. Posle-diplomske studije na saobraćajnom fakultetu u Beogradu je završila sa srednjom ocenom 9.20 i magistrirala 1984. godine. Doktorsku disertaciju odbranila je 1992. godine na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu. Od marta 1977. godine zaposlena je na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu na Katedri za planiranje saobraćaja, prvo kao asistent-pripravnik i asistent, a potom kao docent. U toku 1979.godine bila je na jednomesečnom studijskom boravku u Delftu (Holandija), a školske 1987/88 godine na dvomesečnom boravku u Londonu, radeći na modelima planiranja saobraćaja u gradovima i regionima. Govori i piše engleski jezik.

U toku radnog perioda učestvovala je u izradi više desetina saobraćajnih studija i projekata kao jedan od autora i objavila više naučnih i stručnih radova iz oblasti planiranja saobraćaja.

Maja Popović dipl. inž. saobraćaja rođena je 10.02.1969. godine u Beogradu. Osnovnu i srednju Građevinsko-tehničku školu je završila sa odličnim uspehom. Na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu diplomirala je školske 1994/95 godine na Odseku za drumski i gradski saobraćaj i transport, sa ocenom 10.

Od 15.12.1995. godine angažovana je na Katedri za planiranje saobraćaja kao saradnik-talenat, a od 01.11.1996. kao asistent-pripravnik na istoj Katedri. Govori engleski i ruski jezik.

CIP - КАТАЛОГИЗАЦИЈА У ПУБЛИКАЦИЈИ
Народна библиотека Србије, Београд

656.01(075.8)(076)

ЈОВИЋ, Јадранка Ј.

Zbirka zadataka iz planiranja saobraćaja / Jadranka Jović, Maja Popović. - Beograd: Saobraćajni fakultet Univerziteta, 1998. (Beograd: Služba za izdavačku delatnost Saobraćajnog fakulteta). - 113 str. : tabele ; 24 cm

Tiraž 300. - Beleška o autoru: str. 113. - Bibliografija: str. 103-104. - Registar.

ISBN 86-7395-061-9

1. Popović, Maja

а) Саобраћај - Планирање - Задаци

ID=65491148