

# PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

- Saobraćajni modeli spadaju u grupu matematičkih modela, a koriste se za formalno opisivanje procesa koji nastaju u saobraćaju. Pojam "saobraćajni model" odnosi se na niz matematičkih jednačina (zakonitosti) koje opisuju ponašanje korisnika saobraćajnog sistema grada.
- Modeliranje zahteva za putovanjem podrazumeva uspostavljanje niza matematičkih modela koji bi simulirali ponašanje i odlučivanje korisnika prilikom njihovog putovanja.

# PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

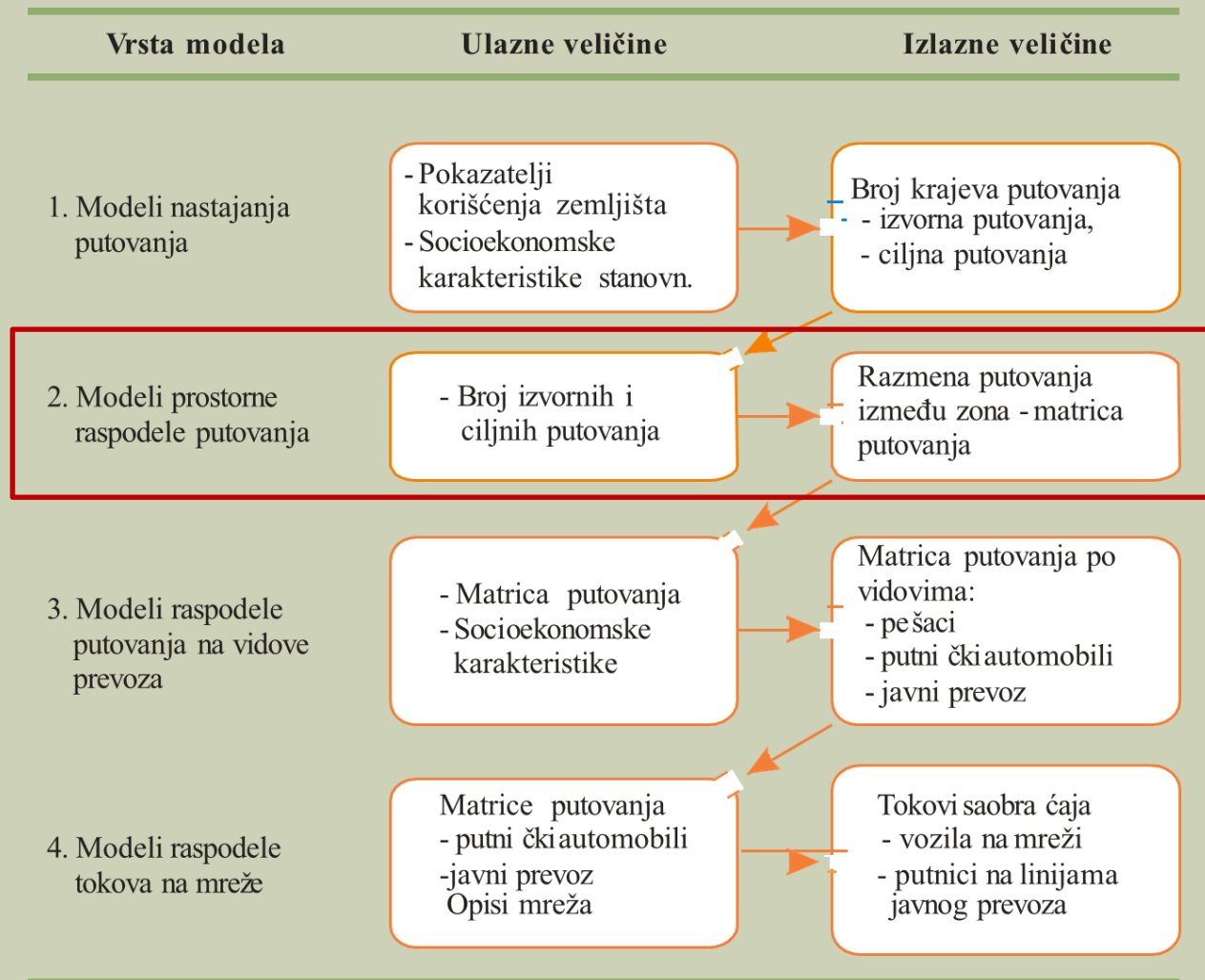
- Modeliranje se obično preduzima u jednom od dva osnovna nivoa:
  1. U procesu opisivanja postojećeg saobraćajnog sistema sa ciljem kalibracije i razvitka modela;
  2. Kao i u procesu stvaranja buduće alternative sistema (npr. predlaganje saobraćajnog menadžment plana), gde se kalibrisani saobraćajni model primenjuje u cilju testiranja karakteristika i uticaja budućeg predloženog sistema.

# PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

Tradicionalni četvorostepeni lanac modela (TPM – Transport Planning Model), podrazumeva uspostavljanje ravnoteže između ponude i potražnje kroz četiri međusobno povezane grupe modela (četiri koraka).

- **Modeli generisanja ili nastajanja putovanja** – ukupan broj putovanja koje produkuje ili privlači saobraćajna zona ili neka druga jedinica posmatranja;
- **Modeli prostorne distribucije putovanja** – prostorna raspodela putovanja između svakog para zona posmatranog područja;
- **Modeli raspodele putovanja na vidove prevoza** – raspodela ukupnog broja putovanja između svakog para zona na različite moguće načine prevoza (pešice, bicikl, putnički automobil, javni prevoz,...)
- **Modeli raspodela tokova na mrežu (pripisivanje putovanja)** – pripisivanje svih putovanja od izvora ka cilju posmatranoj mreži.

# PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI



# PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

## Modeli prostorne raspodele putovanja

- Metode faktora porasta za prostornu raspodelu su zasnovane na pretpostavci da međuzonska razmena putovanja može da se projektuje u budućnost putem očekivanih stopa rasta na posmatranom području.

# PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

## a) *Metod jedinstvenog faktora porasta*

Ovaj metod je najstariji i najjednostavniji. Sastoji se u izračunavanju faktora porasta za čitavo područje za koje se radi prognoza, kojim se potom množi postojeća matrica putovanja. Rezultat predstavlja prognoziranu matricu putovanja, odnosno:

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

gde su:

$T_{ij}$  - budući broj putovanja između zone "i" i zone "j" (model generisanja)

$t_{ij}$  - postojeći broj putovanja između zone "i" i zone "j" (anketa)

# PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

## b) Model prosečnog faktora porasta

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

gde su:

$$F_i = \frac{T_{ig}}{t_i}, \quad F_j = \frac{T_{jg}}{t_j}$$

$T_{ij}$  - budući broj putovanja između zona “i” i “j”

$t_{ij}$  - postojeći broj putovanja između zona “i” i “j”

$F_i$  i  $F_j$  - faktori porasta izvorne zone “i” i ciljne zone “j”

$T_{ig}$  i  $T_{jg}$  - ukupan prognozirani broj putovanja sa izvorom u zoni “i” odnosno ciljem u zoni “j” (dobijeni modelom generisanja putovanja)

$t_i$  i  $t_j$  - postojeći ukupan broj putovanja sa izvorom u zoni “i”, odnosno ciljem u zoni “j”.

# PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

## c) Fratar metod

Težeći da prevaziđe nedostatke metoda jedinstvenog i prosečnog faktora porasta, Fratar je radeći na prognozi putovanja za metropolitensko područje Klivlenda, razvio metod sa osnovnom pretpostavkom da je:

- raspodela budućih putovanja iz date izvorne zone u proporciji sa postojećom raspodelom putovanja iz te zone, i da je
- raspodela tih (budućih) putovanja zavisna od faktora rasta ciljne zone.

Matematički izraz Fratar modela ima oblik:

$$T_{ij} = T_{ig} \cdot \frac{t_{ij} \cdot F_j}{\sum_{j=1}^n t_{ij} \cdot F_j}$$

gde su:

$T_{ij}$  – prognozirani broj putovanja iz zone “i” u zonu “j”

$T_{ig}$  – očekivani broj izvornih putovanja iz zone “i” (prema modelu nastajanja putovanja)

$t_{ij}$  – postojeći broj putovanja između zone “i” i zone “j”

$F_j$  – faktori porasta

$n$  – broj zona.



# PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

## d) Detroit metod

U pristupu Detroit metod je sličan metodu prosečnog faktora porasta i Fratar metodu. Međutim, kod njega je uvedena pretpostavka da, iako će broj putovanja generisanih u zoni “i” rasti (kao što se predviđa faktorom porasta  $F$ ), ta putovanja će biti raspodeljena prema ciljnim zonama “j” proporcionalno odnosu faktora  $F_j$  i ukupnog faktora  $F$  za čitavo područje. Matematički izraz za ovo glasi:

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

gde su:

$T_{ij}$  – prognozirani broj putovanja iz zone “i” u zonu “j”

$t_{ij}$  – postojeći broj putovanja iz zone “i” u zonu “j”

$F_i$  i  $F_j$  – faktori porasta zona “i” i “j”

$F$  – faktor porasta za posmatrano područje u celini.

# PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

## SINTETIČKE METODE

- U cilju otklanjanja nedostataka modela faktora porasta započet je razvoj modela koji sintetizuju karakteristike putovanja i dovode ih u vezu sa gradskim aktivnostima, namenom površina i transportnim sistemom.
- Ova grupa modela predstavlja tzv. interaktivne modele (modele međudejstava) raspodele putovanja.
- Kod ovih modela razmena putovanja između zona je funkcija emisije i privlačne snage zona i njihovog položaja u prostoru.
- Osim u planiranju saobraćaja, modeli prostornih međudejstava imaju veliku primenu u urbanističkom i prostornom planiranju uopšte.

# PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

U planiranju saobraćaja primenjuju se sledeći oblici ovih modela:

1. gravitacioni modeli
2. modeli povoljnosti
3. modeli “elektrostatičkog polja” i
4. modeli višestruke regresione analize.

Na sledećim slajdovima biće prikazan i objašnjen osnovni gravitacioni model.

# PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

## GRAVITACIONI MODELI

- Gravitacioni modeli su verovatno najčešće korišćeni matematički modeli u planiranju saobraćaja i korišćenju zemljišta.
- Ova grupa modela zasnovana je na hipotezi da se intenzitet interakcije između dva područja ponaša slično kao međudejstvo između dva tela u prostoru, odnosno po Njutnovom univerzalnom zakonu gravitacije koji glasi:

“Dva tela u prostoru deluju jedno na drugo u proporciji sa proizvodom njihovih masa i obrnuto Proporcionalno sa kvadratom njihovog rastojanja”.

# PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

Matematički izraz ovog zakona glasi:

$$F_{1,2} = G \frac{M_1 M_2}{d_{1,2}^2}$$

gde su:

$F_{1,2}$  – sila kojom jedno telo deluje na drugo

$M_1$  i  $M_2$  – mase ili veličina posmatranih tela

$d_{1,2}$  – rastojanje između posmatranih tela

$G$  – gravitaciona konstanta koja se utvrđuje empirijski prema stvarnim -  
- konkretnim uslovima.

# ZADACI

## ZADATAK 1

Grad veličine 40 000 stanovnika u periodu vršnog opterećenja ima relativnu raspodelu putovanja (%) prema sledećoj tabeli:

Tabela: *Relativna raspodela putovanja*

Ciljne zone	Izvorne zone				
	1	2	3	4	5
1	4,1	22,3	38,4	12,6	22,6
2	31,3	5,8	32,2	19,9	10,8
3	32,4	27,3	10,1	14,1	16,1
4	37,3	11,8	32,4	3,4	15,1
5	39,9	28,3	14,6	10,5	6,7

Ukupan broj putovanja u periodu vršnog opterećenja iznosi 11 675 putovanja sa relativnom raspodelom ciljnih krajeva (%) prema datom pregledu:

Tabela: *Relativna raspodela ciljnih krajeva putovanja*

Zona cilja	1	2	3	4	5
% putovanja	21,8	18,7	19,8	23,8	15,9

Učešće putovanja u periodu vršnog sata iznosi 12 % ukupnog dnevnog broja putovanja.

*Izračunati:*

- Broj izvornih, ciljnih i unutarzonskih putovanja po zonama i ukupno i
- Mobilnost stanovnika.

# ZADACI

## Rešenje:

a)

Tabela: Broj ciljnih putovanja svake zone u periodu vršnog opterećenja

Zona cilja	1	2	3	4	5
broj putovanja	2545	2183	2312	2779	1856

Tabela: Matrica međuzonskih putovanja u periodu vršnog opterećenja

Ciljne zone	Izvorne zone					Σ
	1	2	3	4	5	
1	104	568	977	321	575	2545
2	683	127	703	434	236	2183
3	749	631	234	326	372	2312
4	1037	328	900	94	420	2779
5	741	525	271	195	124	1856
Σ	3314	2179	3085	1370	1727	11675

b)

$$\text{Ukupan dnevni broj putovanja} = \frac{11675 \cdot 100}{12} = 97\,292 \text{ putovanja}$$

$$\text{Mobilnost} = \frac{\text{ukupan dnevni broj putovanja}}{\text{broj stanovnika}} = 2,4323 \text{ putovanja po stanovniku/dan}$$

# ZADACI

**Zadatak 2 i 3:**

<https://vtsnis.edu.rs/wp-content/plugins/vts-predmeti/uploads/Zbirka%20zadataka%20iz%20planiranja%20saobraaja.PDF>

**Na stranici predmeta, u delu literature je postavljena zbirka zadataka iz planiranja saobraćaja. (može se skinuti klikom na prethodni link)**

**Pogledati zadatak na strani 43 i 44 (Primer 1 – 3.2.)**

**Pogledati zadatak na strani 49 (Primer 1)**



# ZADACI

## ZADATAK 4

Broj stanovnika na jednom gradskom području iznosi 15 250 pri čemu je područje podeljeno na 5 saobraćajnih zona. Prosečna mobilnost stanovnika na posmatranom području iznosi 2,62 putovanja na dan. Relativne vrednosti izvornih krajeva putovanja iznose: 0,17; 0,15; 0,23; 0,35 i 0,10 respektivno. Verovatnoće privlačenja putovanja u zonu "j" iz zone "i" date su u tabeli:

Tabela: *Verovatnoće privlačenja putovanja*

Izvorne zone	Ciljne zone				
	1	2	3	4	5
1	0,21	0,15	0,31	0,23	0,10
2	0,16	0,32	0,21	0,12	0,19
3	0,08	0,17	0,26	0,36	0,13
4	0,41	0,00	0,52	0,07	0,00
5	0,19	0,12	0,16	0,21	0,32

*Izračunati:*

1. Matricu putovanja  $T_{ij}$
2. Verovatnoće generisanja putovanja iz zone "i" u zonu "j"

# ZADACI

## Rešenje:

1) Ukupan dnevni broj putovanja iznosi:  $15\,250 \cdot 2,62 = 39\,955$  putovanja/dan nakon čega slede vrednosti produkcije:

$$P_1 = 39\,955 \cdot 0,17 = 6792; P_2 = 39\,955 \cdot 0,15 = 5993;$$

$$P_3 = 39\,955 \cdot 0,23 = 9190; P_4 = 39\,955 \cdot 0,35 = 13984;$$

$$P_5 = 39\,955 \cdot 0,10 = 3996$$

Tabela: *Matrica međuzonskih putovanja*

Izvorne zone	Ciljne zone					
	1	2	3	4	5	$\Sigma$
1	1426	1019	2106	1562	679	6792
2	959	1918	1259	719	1139	5993
3	735	1562	2389	3308	1195	9190
4	5733	0	7272	979	0	13984
5	759	480	639	839	1279	3996
$\Sigma$	9613	4978	13664	7408	4291	39955

2)

Tabela: *Verovatnoće generisanja iz zone "i" u zonu "j"*

Izvorne zone	Ciljne zone				
	1	2	3	4	5
1	0,148	0,205	0,154	0,211	0,158
2	0,100	0,385	0,092	0,097	0,265
3	0,076	0,314	0,175	0,447	0,278
4	0,596	0,000	0,532	0,132	0,000
5	0,079	0,096	0,047	0,113	0,298

# ZADACI

**Zadatak 5:**

<https://vtsnis.edu.rs/wp-content/plugins/vts-predmeti/uploads/Zbirka%20zadataka%20iz%20planiranja%20saobraaja.PDF>

**Na stranici predmeta, u delu literature je postavljena zbirka zadataka iz planiranja saobraćaja. (može se skinuti klikom na prethodni link)**

**Pogledati zadatak na strani 52 do 58 (Primer 1)**

# ZADACI

Na stranici predmeta, u delu literature je postavljen material sa zadacima iz modela prostorne raspodele putovanja. (može se skinuti klikom na naredne linkove)

[https://vtsnis.edu.rs/wp-content/plugins/vts-predmeti/uploads/ZADACI\\_MODELI%20PROSTORNE%20RASPODELE%20PUTOVANJA.pdf](https://vtsnis.edu.rs/wp-content/plugins/vts-predmeti/uploads/ZADACI_MODELI%20PROSTORNE%20RASPODELE%20PUTOVANJA.pdf)

[https://vtsnis.edu.rs/wp-content/plugins/vts-predmeti/uploads/ZADACI\\_MODELI%20PROSTORNE%20RASPODELE%20PUTOVANJA%20II.pdf](https://vtsnis.edu.rs/wp-content/plugins/vts-predmeti/uploads/ZADACI_MODELI%20PROSTORNE%20RASPODELE%20PUTOVANJA%20II.pdf)