

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

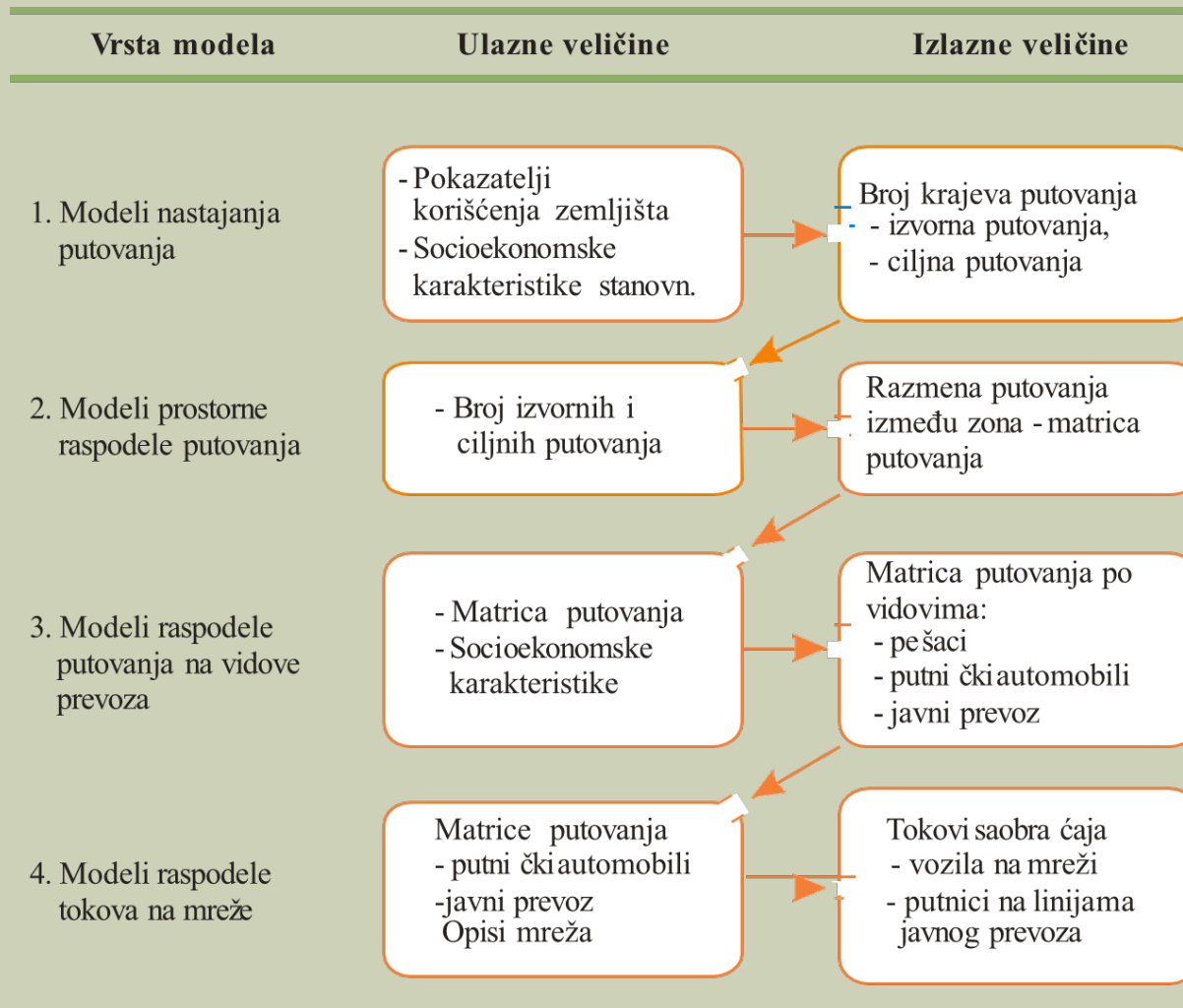
- Modeliranje se obično preduzima u jednom od dva osnovna nivoa:
 1. U procesu opisivanja postojećeg saobraćajnog sistema sa ciljem kalibracije i razvitka modela;
 2. Kao i u procesu stvaranja buduće alternative sistema (npr. predlaganje saobraćajnog menadžment plana), gde se kalibrisani saobraćajni 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 nastajanja ili generisanja putovanja

- Utvrđivanje obima putovanja koja su započeta ili završena u određenoj prostornoj jedinici posmatranja u zavisnosti od namene površina (korišćenja zemljišta) i socioekonomskih karakteristika stanovništva posmatranog područja.
- Postupak analize nastajanja (generisanja) putovanja sastoji se u iznalaženju metoda za uspostavljanje odgovarajuće funkcionalne zavisnosti između broja putovanja i namene površina i socioekonomskih karakteristika jedinica posmatranja (na primer, zone) u kojoj putovanja nastaju ili se završavaju.

PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

Generisani krajevi putovanja daju meru “**produkcije**” i “**atrakcije**” putovanja posmatrane prostorne jedinice i zajedno sa karakteristikama mreže predstavljaju osnovu modelske simulacije prostorne distribucije.

- Produkcija **P**
- Atrakcija **A**

PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

Faktori koji utiču na nastajanje putovanja

- **Intenzitet aktivnosti** – obim aktivnosti (broj domaćinstava, stanovnika, zaposlenih, broj korisnika po jedinici površine...)
- **Karakter aktivnosti** – socioekonomska identifikacija jedinice posmatranja (dohodak, stepen motorizacije)
- **Prostorni razmeštaj aktivnosti**

PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

- Preko 80% svih putovanja počinje ili završava na mestu (zoni) stanovanja.
- Najveći broj podataka za potrebe analize i formiranja modela nastajanja putovanja, prikuplja se anketom u domaćinstvima.

PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

METODE NASTAJANJA PUTOVANJA

- Utvrđivanje zavisnosti broja putovanja od porasta posmatranog područja.
- Klasifikovanje putovanja preko socioekonomskih karakteristika jedinice posmatranja domaćinstva (unakrsna klasifikaciona ili kategorijska analiza)
- Utvrđivanje zavisnosti broja putovanja i socioekonomskih karakteristika i karakteristika namene površina preko regresione analize.

PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

LINEARNA REGRESIONA ANALIZA

- U ovom pristupu se pretpostavlja linearna veza zavisno promenljive y i jedne ili više nezavisno promenljivih (x_1, x_2, \dots, x_n) koja se može napisati u obliku:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

gde $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ predstavljaju parametre modela (regresioni koeficijenti).

- Ovi parametri se dobijaju metodom najmanjih kvadrata, odnosno svođenjem sume kvadrata razlike vrednosti zavisno promenljive (y) dobijene modelom i stvarne vrednosti utvrđene snimanjem na najmanju vrednost:

$$\sum_{i=1}^n e_i \rightarrow \min$$

$$e_i = (\bar{y}_i - y_i)^2$$

PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

gde su:

y_i - vrednost zavisno promenljive dobijene snimanjem saobraćaja (stvarna vrednost izvornih ili ciljnih krajeva putovanja)

y_i - vrednosti zavisno promenljive (krajeva putovanja) dobijene nakon kalibracije modela.

- Dobijene zavisnosti promenljivih definisanih na skupu podataka koji opisuju postojeće stanje, koriste se da se dobiju vrednosti zavisno promenljive Y odnosno:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

gde su:

y – vrednost zavisno promenljive utvrđene snimanjem saobraćaja (krajevi putovanja),

$x_1 - x_n$ – vrednost nezavisno promenljivih u postojećem stanju,

$b_0 - b_n$ – parametri modela koji se kalibrišu,

Y – prognozirane vrednosti zavisno promenljive (krajevi putovanja),

$X_1 - X_n$ – planirane vrednosti nezavisno promenljivih

PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

KATEGORIJSKA ILI UNAKRSNA KLASIFIKACIONA ANALIZA

- Osnovna jedinica posmatranja je domaćinstvo.
- Postupak se sprovodi na taj način što se domaćinstva grupišu u homogene podgrupe, a za svaku od podgrupa se utvrđuju prosečne stope generisanja putovanja.
- Ključna pretpostavka kategorijske analize je da iste kategorije domaćinstva imaju istu dnevnu mobilnost i da se tokom vremena unutar iste kategorije domaćinstva mobilnost ne menja, odnosno približno ostaje ista.

PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

- Na bazi ovih pretpostavki, ukoliko se za prognozni period može utvrditi broj domaćinstava sa određenim karakteristikama (veličina, dohodak, motorizacija npr.) moguće je za ta domaćinstva utvrditi budući broj putovanja, odnosno:

$$P_i = c \times N_{ci}$$

Gde su :

P_i - ukupan broj putovanja koja generiše zona "i"

c - prosečan broj putovanja za domaćinstvo iz kategorije "c"

N_{ci} - broj domaćinstava iz kategorije "c" nastanjenih u zoni "i"

C - kategorija domaćinstva

n – broj kategorija domaćinstva

PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

- Za utvrđivanje ciljnih krajeva putovanja naglasak se stavlja na aktivnosti koje privlače putovanja kao što su razne industrije, trgovine, ugostiteljski objekti, banke, obrazovne ustanove itd.
- U ovom slučaju kategorizacija se može vršiti prema delatnostima, broju zaposlenih, veličini radnog ili prodajnog prostora, lokaciji aktivnosti (centralna zona, periferija) i sl.
- Ako se ustanove stope privlačenja putovanja za razne vrste aktivnosti, po svrhama putovanja, u odnosu na naprimer broj zaposlenih i lokaciju aktivnosti, tada se na osnovu predviđanja korišćenja zemljišta može utvrditi i broj privučenih putovanja u posmatranu zonu, odnosno:

$$A_{jk} = \sum a_{sk} B_{js}$$

A_{jk} - ukupan broj putovanja sa određenom svrhom "k" privučen u zonu "j",

a_{sk} - stopa privlačenja (atrakcije) putovanja sasvrhom "k" po jedinici aktivnosti "s",

B_{js} - intenzitet aktivnosti (sadržaja) "s" u zoni "j".

PLANIRANJE SAOBRAĆAJA – MODELI

Provera valjanosti modela može se izvršiti na nekoliko načina koji se uglavnom svrstavaju u sledeće tri grupe:

- statistički testovi (koeficijent korelacije, standardna greška “t” vrednost itd.),
- testovi koji utvrđuju da li su osnovne pretpostavke modela narušene,
- intenzivne provere logičnosti i opravdanosti uspostavljenih zakonitosti sa posebnim osvrtom na mogućnosti primene u fazi prognoze (raspoloživost nezavisnih podataka za period prognoze).

ZADACI

Zadatak 1.1 [7]

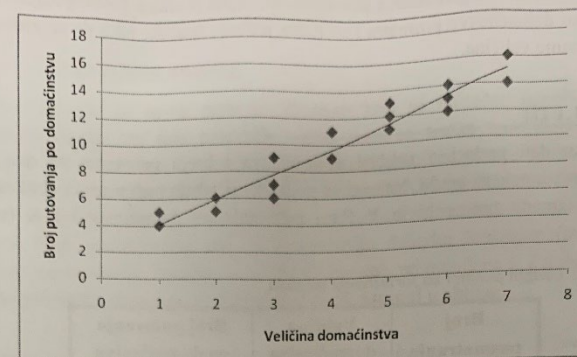
U tabeli su dati podaci o veličini domaćinstva i broju putovanja na dan za 17 domaćinstava u nekom gradu. Na osnovu podataka iz tabele naći mogući oblik linearne zavisnosti između promenljivih Y (broj putovanja po domaćinstvu) i X (veličina domaćinstva).

Tabela 1-1: Ulazni podaci za formiranje modela

Broj posmatranja	Veličina domaćinstva	Broj putovanja po domaćinstvu
1	1	4
2	1	5
3	2	5
4	2	6
5	3	6
6	3	7
7	3	9
8	4	9
9	4	11
10	5	13
11	5	12
12	5	11
13	6	12
14	6	13
15	6	14
16	7	14
17	7	16

Rešenje:

Na osnovu vrednosti iz tabele crtamo Sliku 1-1 sa koje se vidi da između promenljivih postoji linearni trend.



Slika 1-1: Broj putovanja po domaćinstvu u zavisnosti od veličine domaćinstva

Formirani dijagram jasno pokazuje da tačke koje predstavljaju empirijski dobijene vrednosti ne padaju tačno na pravu liniju, već su joj prilično blizu. Ukoliko se na osnovu analize ove grupe podataka odluči i pokaže da linijska jednačina može obezbediti prilično dobar i zadovoljavajući opis međuzavisnosti između datih promenljivih, problem koji sledi jeste pronaći jednačinu te prave koja daje najbolje rezultate i koja se samim tim može koristiti kao model za predviđanje.

Potrebne koeficijente za dobijanje regresione jednačine računamo prema sledećim obrascima:

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n}$$

$$\sum x_i = 70$$

$$\sum y_i = 167$$

$$\sum x_i y_i = 801$$

$$\sum x_i^2 = 350$$

$$\sum y_i^2 = 1865$$

$$\begin{aligned} b &= 1.84 \\ a &= 2.25 \\ r &= 0.9629 \\ y &= 2.25 + 1.84x \end{aligned}$$

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 32 i 33 (Primer 1)

Pogledati zadatak na strani 35, 36, 37 i 38 (Primer 3)

ZADACI

Zadatak 1.4

U tabeli 1-10 dati su podaci o prihodu, broju automobila i broju putovanja na dan za 20 domaćinstava u nekom gradu.

- a) Formirati matricu putovanja u zavisnosti od prihoda i broja automobila.
- b) Nacrtati dijagram broja putovanja u zavisnosti od prihoda i broja automobila.
- c) Koliko putovanja će imati domaćinstvo sa prihodom od 10000 NJ¹ i koje posjeduje 1 P.A.²?
- d) Koliki će biti dnevni broj putovanja ako se za gore navedeno domaćinstvo broj P.A poveća za jedan?

ZADACI

Tabela 1-10: Ulazni podaci za formiranje modela

Broj domaćinstva	Broj putovanja	Prihod [NJ]	Broj automobila
1	2	4000	0
2	4	6000	0
3	10	17000	2
4	5	11000	0
5	5	4500	1
6	15	17000	3
7	7	9500	1
8	4	9000	0
9	6	7000	1
10	13	19000	3
11	8	18000	1
12	9	21000	1
13	9	7000	2
14	11	11000	2
15	10	11000	2
16	11	13000	2
17	12	15000	2
18	8	11000	1
19	8	13000	1
20	9	15000	1

Rešenje:

a)

Broj automobila po domaćinstvu: 3 kategorije (bez P.A., 1 P.A., 2 i više P.A.)
 Prihod: 5 kategorija (4000-8000NJ, 8000-12000NJ, 12000-16000NJ, 16000-20000NJ, >20000NJ)

Iz početne tabele izdvojimo domaćinstva sa primanjima od 4000-8000 NJ, bez P.A.:

Tabela 1-11: Izdvajanje promenljivih za prvu kategoriju

Domaćinstvo	Broj putovanja	Prihod [NJ]	Broj automobila
1	2	4000	0
2	4	6000	0

Ukupan broj putovanja za posmatranu kategoriju domaćinstva = 2+4 = 6 putovanja

Prosečna vrednost broja putovanja za posmatranu kategoriju domaćinstva = $6/2 = 3$ putovanja

Iz početne tabele izdvojimo domaćinstva sa primanjima od 4000-8000 NJ, sa 1 P.A.:

Tabela 1-12: Izdvajanje promenljivih za drugu kategoriju

Domaćinstvo	Broj putovanja	Prihod [NJ]	Broj automobila
5	5	4500	1
9	6	7000	1

Ukupan broj putovanja za posmatranu kategoriju domaćinstva = 5+6 = 11 putovanja

Prosečna vrednost broja putovanja za posmatranu kategoriju domaćinstva = $11/2 = 5,5$ putovanja.

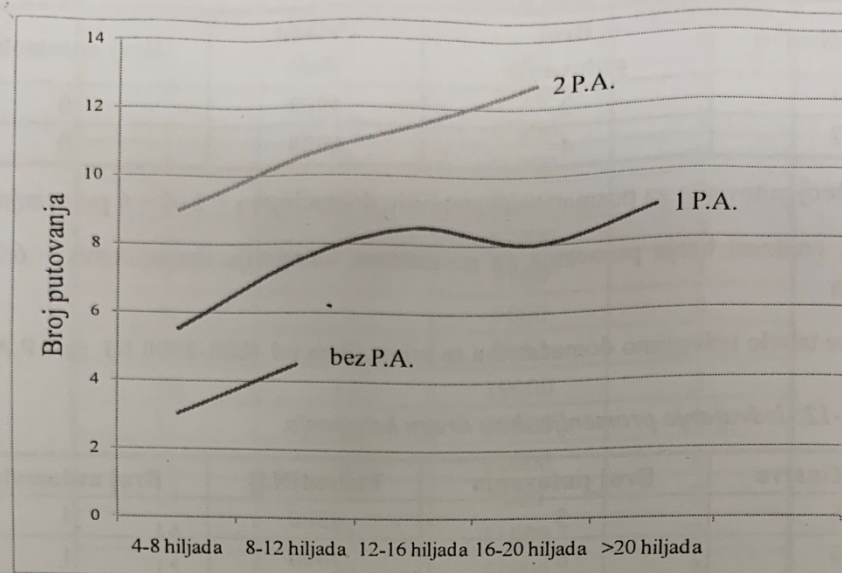
Postupak se ponavlja za sve ostale kategorije:

Tabela 1-13: Prosečan broj putovanja svih kategorija domaćinstava

Broj P.A.	Prihod [NJ]				
	4000-8000	8000-12000	12000-16000	16000-20000	>20000
0	3	4,5	-	-	-
1	5,5	7,5	8,5	8	9
2 i više	9	10,5	11,5	12,7	-

ZADACI

b)



Slika 1-2: Dijagram broja putovanja u zavisnosti od prihoda i broja automobila

c) Domaćinstvo sa prihodom od 10000 NJ i koje posjeduje 1 P.A. prema kategorijskoj analizi, generisaće ukupno 7,5 putovanja na dan.

d) Prema istom modelu, broj putovanja istog domaćinstva povećava se na 10,5 putovanja na dan, ukoliko isto domaćinstvo poveća broj automobila koje poseduje za jedno vozilo.

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 39 i 40 (Primer 1)