

# **PRIMENA MODELA U PLANIRANJU SAOBRAĆAJA**

## PRIMENA MODELA U PLANIRANJU SAOBRAĆAJA

### OSOBI NE MODELA

Primena planerskih modela, pored prednosti, ima i seriju nedostataka, koji se mogu definisati u sledećem:

- Rad sa modelima troši mnogo vremena i novčanih sredstava i zahteva korišćenje računarske tehnike;
- Modeli najčešće ne obuhvataju veoma značajne parametre koji su važni za odlučivanje, pa je značajno odstupanje od realnih veličina;
- Previše značaja pridaje se formiranju i korišćenju modela, a premalo planerskoj strategiji i tumačenju dobijenih rezultata;
- Rešenje se planira za period od 20 godina, a problemi već postoje i treba ih rešavati odmah u periodu koji prethodi planskoj godini;
- Saobraćajni planeri često ne poznaju dovoljno tehniku modeliranja, a ne poznaju ograničenja u primeni, a često i „filizofiju“ koju model podrazumeva;
- Modeli zahtevaju obim teško prihvatljivih ili skupih podataka, uz složenu mašinsku obradu;
- Često se zanemaruje činjenica da su modeli „alat“, odnosno pomoćno sredstvo i da je neophodna kvalifikovana interpretacija rezultata i tek na toj osnovi formiran predlog.

## PRIMENA MODELA U PLANIRANJU SAOBRAĆAJA

### Značajnije koristi od modela su:

- 1. Modeli omogućavaju simuliranje različitih okolnosti koje se mogu predvideti, a time i efekte koji prouzrokuju pojedine planerske veličine.**
- 2. Uz primenu računara, mogu se testirati za kratko vreme brojne alternative razvoja.**
- 3. Formiranje, kalibriranje i testiranje sopstvenog modela doprinosi shvatanju zavisnosti planerskih veličina među sobom od strane radnog tima, pa je u tom smislu veoma značajan rezultat, koji se izražava u sticanju planerskog iskustva i planerske filozofije.**
- 4. Kada je radni tim već ovladao tehnikom, moguće je kroz testirane programe značajno povećati produktivnost i skratiti vreme za dobijanje prognoznih veličina u potrebnom broju alternativa.**
- 5. Kod već oprobanih lanaca modela moguće je direktno dobijati rezultate na principu „crne kutije“, što omogućuje uključivanje manje kvalifikovanog kadra u rutinske faze planiranja.**

## PRIMENA MODELA U PLANIRANJU SAOBRAĆAJA

Saobraćajni modeli spadaju u grupu matematičkih modela i koriste se za formalno opisivanje procesa koji nastaju u saobraćaju. Pojam „saobraćajni model“, odnosi se na niz matematičkih jednačina (zakonitosti), koje opisuju (simuliraju) ponašanje korisnika saobraćajnog sistema grada. Formiranje modela potražnje za putovanjima obično se preduzima u jednom od dva osnovna nivoa:

1. U procesu opisivanja postojećeg saobraćajnog sistema sa ciljem kalibracije i razvitka modela;
2. U procesu kreiranja budućih varijanti sistema, gde se kalibrisani saobraćajni model primenjuje u cilju testiranja karakteristika i uticaja budućeg predloženog sistema,

Najčešće primenjivani i već sada skoro uobičajeni proces saobraćajnog modeliranja (*eng. Transport Planning Model – TPM*), koji se popularno naziva tradicionalni četvorostepeni lanac modela, podrazumeva uspostavljanje ravnoteže između ponude i potražnje kroz četiri međusobno povezane grupe modela (četiri koraka). Pojam „lanac“ modela proizilazi iz vezanosti ove četiri grupe saobraćajnih modela, činjenicom da su neophodni ulazni podaci jedne grupe modela izlazni podaci prethodne grupe, kao i postojanjem povratne veze koja zavisi od same kompleksnosti modela odnosno postupka odlučivanja korisnika saobraćajnog sistema, kako je to prikazano u sledećoj tabeli:

## PRIMENA MODELA U PLANIRANJU SAOBRAĆAJA

# Međusobni odnosi ulaznih i izlaznih veličina u četvorostepenom lancu saobraćajnih modela

VRSTA MODELA	ULAZNE VELIČINE	IZLAZNE VELIČINE
1. Modeli nastajanja putovanja	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pokazatelji korišćenja zemljišta</li><li>- Socioekonomske karakteristike stanovništva</li></ul>	Broj krajeva putovanja: <ul style="list-style-type: none"><li>- izvorna putovanja</li><li>- ciljna putovanja</li></ul>
2. Modeli prostorne raspodele putovanja	<ul style="list-style-type: none"><li>- Broj izvornih i ciljnih putovanja</li></ul>	Razmena putovanja između zona – matrica putovanja
3. Modeli raspodele putovanja na vidove prevoza	<ul style="list-style-type: none"><li>- Matrica putovanja</li><li>- Socioekonomske karakteristike</li></ul>	Matrica putovanja po vidovima: <ul style="list-style-type: none"><li>- pešaci</li><li>- putnički automobil</li><li>- javni prevoz</li></ul>
4. Modeli raspodele tokova na mreži	Matrica putovanja: <ul style="list-style-type: none"><li>- putnički automobil</li><li>- javni prevoz</li></ul> Opisi mreža	Tokovi saobraćaja: <ul style="list-style-type: none"><li>- vozila na mreži</li><li>- putnici na linijama javnog prevoza</li></ul>

## PRIMENA MODELA U PLANIRANJU SAOBRAĆAJA

- ❖ ***Modeli generisanja ili nastajanja putovanja*** – Ukupan broj putovanja koji proizvodi ili privlači saobraćajna zona ili neka druga jedinica posmatranja;
- ❖ ***Modeli prostorne distribucije putovanja*** – Prostorna raspodela putovanja između para zona posmatranog područja;
- ❖ ***Modeli raspodele putovanja na vidove prevoza (vidovna raspodela)*** – Raspodela ukupnog broja putovanja između svakog para zona na različite moguće načine prevoza (peške, bicikl, putnički automobil, javni prevoz...);
- ❖ ***Modeli raspodele tokova na mreži (pripisivanje putovanja)*** – Pripisivanje svih putovanja od izvora ka cilju posmatranoj mreži.

Postojeći saobraćajni zahtevi, rezultat su odlučivanja velikog broja korisnika saobraćajnog sistema, kako, gde, kada i na koji način obaviti svako pojedinačno putovanje. Konačna odluka o putovanju rezultat je uticaja velikog broja različitih faktora, kao što su socio-ekonomske karakteristike korisnika, karakteristike lokacije, puta, pristupačnosti pojedinih vidova prevoza itd.

## PRIMENA MODELA U PLANIRANJU SAOBRAĆAJA

**Proces analize i modelovanja može biti primenjen kroz seriju koraka, koji se u suštini sastoji iz odgovora na narednih pet baznih pitanja u vezi sa samim procesom odlučivanja, kroz koji prolazi svaka osoba prilikom odlučivanja o procesu putovanja.**

- 1. Treba li da putujem?**
- 2. Kuda bi trebalo da idem?**
- 3. Kada bi trebalo da putujem?**
- 4. Kako bi trebalo da putujem (pešice ili nekim prevoznim sredstvom)?**
- 5. Kojim putem bi trebalo da idem?**

## **PRIMENA MODELA U PLANIRANJU SAOBRAĆAJA**

**Koraci 1, 2, 4, i 5 formiraju tradicionalni četvorostepeni lanac saobraćajnih modela. Treće pitanje se odnosi na vremensku distribuciju putovanja i čini dodatnu neophodnu fazu procesa modeliranja zahtevanjem odgovora na odnose vršnog i vanvršnog perioda putovanja, kao i uticaja gustine saobraćajnog toka i zagušenja na odluku o putovanju.**

**Kada su u pitanju „obavezene“ svrhe kao što je posao ili škola, sa tačno određenim i nepromenljivim ciljem putovanja, kao i vremenskim periodom za započinjanje date vrste aktivnosti, analiza i razmatranje ovog pitanja ima važnosti jedino u sklopu analize izbora prevoznog sredstva, u ovom slučaju pitanja broj četiri.**

**U okviru svake od ove četiri grupe modela vremenom je istraživani i formiran veliki broj različitih matematičkih modela koji se razlikuju u obimu i stepenu agregiranosti ulazno-izlaznih podataka, mogućnosti ispitivanja tačnosti dobijenih podataka itd.**

**Kalibracija modela vrši se u sva četiri koraka kako bi se odrazili specifični uslovi predmetnog područja studije, odnosno, svaki od modela približio realnom stanju.**



## PRIMENA MODELA U PLANIRANJU SAOBRAĆAJA

### GENERISANJE PUTOVANJA

Ovo je prva faza u procesu definisanja modela putovanja na nekom posmatranom području. U okviru ove faze, teži se pronalaženju matematičkog modela koji bi najpribližnije izračunavao ukupan broj putovanja koji započinju ili se završavaju u okviru jedinice posmatranja područja ili grada. Jedinica posmatranja može biti saobraćajna zona, što je najčešći slučaj, veća (distrikt) ili manja jedinica posmatranja (analiza može biti svedena na statistički ili popisni krug ili čak jedinica domaćinstva).

Nakom prikupljanja i obrade podataka saobraćajnih istraživanja sledi postupak formiranja i kalibracije matematičkog modela zavisnosti ukupnog broja krajeva putovanja (zavisno promenljiva u modelu) i uticajnih faktora (nezavisno promenljive). Uobičajeni metod utvrđivanja parametara jeste regresiona analiza podataka iz saobraćajnih istraživanja na nivou saobraćajne zone, nivou domaćinstva ili unakrsnom klasifikacijom. Modeli se razvijaju za različite svrhe putovanja, a najčešća podela je na putovanja vezana ili nevezana za mesto stanovanja. U okviru grupe putovanja kao jedan od svojih krajeva imaju na mestu stanovanja, najčešće je neophodno izvršiti raspodelu na putovanja stan – posao, stan – škola (fakultet) i stan – ostalo, zbog velikog broja različitih faktora koji generišu ova putovanja.

Na ukupan obim potražnje za putovanjima utiče i kvalitet ponude saobraćajnog sistema (kapacitet i kvalitet saobraćajne mreže, pristupačnost područja, raspoloživost prostora za parkiranje, tarifna politika i ostali elementi saobraćajne politike grada).

# PRIMENA MODELA U PLANIRANJU SAOBRAĆAJA

## PROSTORNA RASPODELA PUTOVANJA

Prostorna raspodela putovanja podrazumeva utvrđivanje inteziteta povezanosti izvora i ciljeva putovanja, odnosno kako i gde su raspodeljeni krajevi putovanja započeti u prostornoj jedinici posmatranja. U analizi postojećeg stanja, prostorna raspodela se utvrđuje anketiranjem učesnika u saobraćaju (anketa u domaćinstvu, anketa na spoljnom koridoru, anketa spoljnih putnika).

Najčešće primenjeni modeli kojima se utvrđuje međuzonska raspodela putovanja su: *metoda faktora rasta i sintetičke metode*.

Ukoliko se prostorna raspodela vrši nakon obavljenog postupka generisanja putovanja na nivou saobraćajnih zona, krajnji rezultat ove grupe submodela jeste broj putovanja između svakog para zona posmatranog područja u okviru vremenskog perioda (najčešće na nivou dana), za različite svrhe putovanja.

Rezultati se prikazuju izvorno-ciljnom matricom I-C, u kojoj svaki od elemenata  $T_{ij}$  predstavlja broj putovanja iz izvorne zone „i“ u ciljnu zonu „j“ ( $i, j=1, 2, \dots, n$ ; n-broj saobraćajnih zona grada za koji se radi studija).

Najširu primenu i najbolje rezultate u okviru sintetičkih modela, dali su *gravitacioni modeli* zasnovani na Njutnovom zakonu gravitacije. Osnovna pretpostavka je da je broj putovanja u direktnoj zavisnosti sa nastajanjem i privlačenjem putovanja svake zone, kao i funkciji nekog merila prostorne odvojenosti (otpora) između zona.

## PRIMENA MODELA U PLANIRANJU SAOBRAĆAJA

Kao otpor putovanju uzimaju se različiti pokazatelji:

- **Rastojanje između zona,**
- **Vreme putovanja,**
- **Generalizovani troškovi putovanja.**

Vrednost funkcije otpora utvrđuje se empirijski, za svaki grad posebno, kalibracijom modela. Proces kalibracije modela je iterativan i u svom standardnom obliku podrazumeva:

1. **Utvrđivanje matematičke funkcije koja će prikazati funkciju otpora putovanju i**
2. **Utvrđivanje parametara funkcije tako da se zadovolji uslov jednakosti srednjeg vremena ili dužine putovanja dobijenih modelom i anketom.**

Istraživanja su pokazala da se uticaj otpora putovanja razlikuje za različite motive koji generišu putovanje, što je uslovilo kalibraciju gravitacionog modela za svaku svrhu putovanja posebno. Najranije primenjivani gravitacioni modeli, kao meru otpora putovanja uzimali su rastojanje između zona. Kasnija istraživanja su pokazala, da odluka o realizaciji određenog kretanja iz zone „i“ u zonu „j“ ne zavisi u suštini od fizičkog rastojanja kroz mrežu, pre svega od vremena putovanja ili pak kombinacija vremena, rastojanja i cene prevoza. Kalibracija krive funkcije otpora na osnovu raspodele putovanja po trajanju putničkim automobilom, ima za posledicu favorizovanje putničkog automobila kao dominantnog vida prevoza. Matrica putovanja Tij kao krajnji rezultat modela prostorne raspodele najviše odgovara tokovima putničkih automobila.

### RASPODELA PUTOVANJA NA VIDOVE PREVOZA

Raspodela putovanja na vidove prevoza obuhvata podelu putovanja prema načinu ostvarenja kretanja, odnosno prema korišćenju određenog prevoznog sredstva. Raspodela najčešće podrazumeva podelu na nemotorizovana kretanja (peške, bicikli), kretanje motociklom. Automobilom, kao i sredstvima javnog prevoza (autobus, tramvaj, trolejbus, LRT, metro).

Modeli raspodele putovanja na vidove prevoza mogu se primenjivati:

- U toku generisanja putovanja,
- Posle generisanja putovanja,
- U toku prostorne raspodele putovanja,
- Posle prostorne raspodele putovanja ili
- Tokom raspodele tokova na mrežu saobraćajnica.

Najčešći način primene modela je nakon izvršene prostorne raspodele putovanja. Tada se ukupna matrica putovanja, primenom odgovarajućeg modela, razlaže na elementarne matrice pojedinih vidova prevoza (npr. peške, bicikl, putnički automobil...).

## PRIMENA MODELA U PLANIRANJU SAOBRAĆAJA

U zavisnosti na kom nivou su grupisani uticajni faktori na izbor vida prevoza, modeli se najčešće svrstavaju u:

- **Agregirane (nivo saobraćajne zone) i**
- **Deagregirane ili biheviorističke modele (socio-ekonomske kategorije putnika).**

Kod prve grupe modela zakonitosti odnosa između pojedinih vidova prevoza se utvrđuju na bazi podataka o karakteristikama izvornih i ciljnih zona putovanja, kao što su stepen motorizacije, veličina dohotka, broj domaćinstva sa automobilom ili bez njega itd.

Kod modela kojima se odnos između pojedinih vidova – načina prevoza procenjuju na osnovu zakonitosti ponašanja pojedinaca tzv. Bihevioristički modeli, utvrđuje se verovatnoća da će putnik, koji pripada određenoj socio – ekonomskoj grupi stanovnika, izabrati jedan od vidova prevoza.

Generalno, kod modela vidovne raspodele putovanja, u pogledu primene parametara koji utiču na opredeljenje putnika pri izboru načina kretanja, situacija je nešto povoljnija nego u prethodnim grupama modela četvorostepenog lanca. Kod ove grupe modela važi pravilo da izbor načina kretanja ili vida prevoza zavisi od:

- **Socioekonomskih karakteristika putnika,**
- **Karakteristika putovanja i**
- **Karakteristika sistema saobraćaja u kome treba da se realizuje dotično putovanje.**

## PRIMENA MODELA U PLANIRANJU SAOBRAĆAJA

### RASPODELA TOKOVA NA MREŽE

Uobičajeni postupak formiranja modela saobraćajne potražnje započinje utvrđivanjem ukupnog broja krajeva putovanja svake zone, nastavlja se distribucijom putovanja između parova zona, zatim raspodelom na vidove kretanja i na kraju sledi raspodela matrica na mreže (opterećivanje mreža), najčešće uz upotrebu ravnoteže (ekvilibrijuma – Vordopov ekvilibrijum). Moderni modeli raspodele tokova u najvećem broju slučajeva mogu veoma kvalitetno da predvide veličinu saobraćaja na saobraćajnoj mreži. Nasuprot toj činjenici, nedostatak koji se pripisuje klasičnoj metodologiji modelovanja je nemogućnost sagledavanja povratnog uticaja elemenata ponude i poboljšanja saobraćajnog sistema na povećanje pristupačnosti lokacije, generisanje potražnje za putovanjima i izbor vida prevoza. Jednom zadata matrica prostorne raspodele putovanja različitim vidovima prevoza, ostaje fiksna do kraja raspodele tokova na mrežu.

## PRIMENA MODELA U PLANIRANJU SAOBRAĆAJA

Postupci za raspodelu tokova na mreže dele se na one kojima se utvrđuje raspodela tokova na alternativne puteve između jednog para izvorne i ciljne zone, i na one kojima se obuhvataju svi izvori i ciljevi odnosno celokupne mreže na posmatranom području.

Prilikom izbora putanje između zone izvora i zone cilja osobe koje putuju ne koriste identične puteve što se objašnjava sledećim odnosima:

- pojedinci različito vrednuju alternative koje su im na raspolaganju, i
- učesnici u saobraćaju, pre svega vozači, u jednom trenutku teže da uspostave ravnotežu između inteziteta saobraćaja i mogućnosti mreže.

Faktori koji imaju ulogu u izboru puta vezani su za osnovne elemente saobraćajne tehnike odnosno zavise od karakteristika puta, vozila i vozača.

U faktore koji zavise od karakteristika puta, ubrajaju se:

- rastojanje između izvora i cilja,
- trajanje putovanja,
- troškovi putovanja,
- vrsta puta,
- uslovi saobraćaja