



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO

TEHNIČNA SPECIFIKACIJA TSG-211-002: 2023

Ministrica za infrastrukturo na podlagi 13. člena Zakona o cestah (Uradni list RS, št. 132/22, 140/22 – ZSDH-1A in 29/23) izdaja tehnično specifikacijo

PROJEKTIRANJE CEST IN PROMETNA VARNOST

PROMETNE ŠTUDIJE

TSPI - PGV.01.114: 2023

Ministrica za infrastrukturo
mag. Alenka Bratušek

Številka: 007-192/2021/25-02112049

V Ljubljani, 13. 07. 2023

PROMETNE ŠTUDIJE

Vsebina

1	Predmet tehnične specifikacije	4
2	Pomen izrazov	4
3	Vrste prometnih študij glede na vrste ukrepov	5
3.1	Potrebne aktivnosti glede na vrsto ukrepa.....	6
3.2	Podatki za posamezne vrste analiz po aktivnostih	8
4	Vrste napovedi prometa.....	9
4.1	Poenostavljene metode.....	9
4.2	Modeli obremenjevanja	10
4.3	Modeli spremembe deleža vrste prometnega sredstva	10
4.4	Modeli s spremenljivim povpraševanjem	11
4.5	Kombinirani modeli	11
4.6	Povzetek funkcionalnosti posameznih vrst modelov.....	11
4.7	Uporaba posameznih vrst napovedi glede na vrsto ukrepa	12
5	Validacija modela	12
5.1	Prometni tok na odsekih in zavijalci v križiščih	12
5.1.1	Urne obremenitve	12
5.1.2	PLDP in povprečni dnevni promet na odsekih.....	13
5.2	Potovalni čas.....	13
6	Dokumentacija prometnega modela	13
7	Analiza rezultatov	14
7.1	Analiza prometne učinkovitosti	14
7.2	Analiza prometne varnosti.....	15
7.3	Analiza ekonomske učinkovitosti.....	15
8	Minimalna vsebina elaboratov prometnih študij	16
9	Lastništvo modela in vzdrževanje	17
10	Literatura.....	17
11	PRILOGA.....	18
11.1	Koraki prometnega modeliranja	18
11.2	Določanje obsega modela.....	18
11.2.1	Območje obdelave.....	18
11.2.2	Coning	18
11.2.3	Prometno omrežje	18
11.2.4	Razredi vozil	19
11.2.5	Načini potovanj	19
11.2.6	Nameni potovanj.....	19
11.2.7	Modeliranje tovornega prometa	20
11.2.8	Demografske skupine	20
11.2.9	Časovna obdobja v dnevu	20
11.2.10	Izbira modeliranih let.....	21
11.3	Zbiranje podatkov	21
11.3.1	Tehnike zbiranja podatkov	21

PROMETNE ŠTUDIJE

11.3.1.1 Ankete.....	21
11.3.1.2 Štetje prometa.....	22
11.3.2 Podatki o sedanji prometni ponudbi	25
11.3.2.1 Prometna infrastruktura.....	25
11.3.2.2 Storitve.....	26
11.3.3 Podatki o sedanjem povpraševanju	26
11.3.3.1 Raziskave generacije potovanj.....	26
11.3.3.2 Raziskave distribucije potovanj	26
11.3.3.3 Raziskave izbire načina potovanj	27
11.3.3.4 Raziskave parametrov modela izbire poti.....	27
11.3.4 Socio-ekonomski podatki.....	27
11.3.4.1 Podatki o prebivalstvu in zaposlenosti.....	27
11.3.4.2 Dohodek	27
11.3.4.3 Delovna mesta	27
11.3.4.4 Obseg prodaje	27
11.3.4.5 Šole in druge izobraževalne ustanove.....	28
11.4 Štiristopenjski prometni model	28
11.4.1 Generacija potovanj.....	28
11.4.2 Distribucija potovanj.....	28
11.4.2.1 Metode faktorjev rasti.....	28
11.4.2.2 Sintetične metode	29
11.4.3 Izbira načina potovanj.....	30
11.4.3.1 Dejavniki izbire načina potovanj	30
11.4.3.2 Logit model	30
11.4.3.3 Multimodalni logit model.....	31
11.4.3.4 Hierarhični logit model.....	31
11.4.4 Obremenjevanje mreže	32
11.4.4.1 Statično obremenjevanje.....	32
11.4.4.2 Dinamično obremenjevanje.....	33
11.4.5 Način modeliranja gibanja vozil	33
11.4.5.1 Makroskopski model	33
11.4.5.2 Mikroskopski simulacijski prometni model	33
11.4.5.3 Mezoskopski prometni model.....	34
11.4.5.4 Hibridni model.....	34
11.5 Napoved	34

PROMETNE ŠTUDIJE

1 Predmet tehnične specifikacije

Z izdelavo različnih prometnih študij in uporabo različnih prometnih modelov morajo biti zagotovljeni čim bolj verodostojni in kakovostni podatki za načrtovanje in dimenzioniranje prometne infrastrukture in prometnih storitev. Z izdelavo prometne študije pridobimo vhodne podatke za načrtovanje prometne infrastrukture, vodenje prometa, presojo vplivov na okolje, oceno emisij hrupa in prašnih delcev, prometno-varnostno analizo, oceno učinka na varnost v prometu ter analizo stroškov in koristi. Kakovostna priprava teh strokovnih podlag je bistvena za omejevanje tveganj pri pripravi projekta, njegovem izvajanju in kasnejši uporabi.

V tehnični specifikaciji so obravnavane vrste prometnih študij, vrste prometnih modelov in področja uporabe, zahteve za posamezne modele, način zbiranja podatkov in analizo rezultatov.

Cilj specifikacije je

- zagotoviti čim bolj standardizirane vsebine za izdelavo različnih tipov prometnih študij;
- omejiti tveganja in znižati stroške investicij v prometno infrastrukturo in povečati učinkovitost prometnega sistema;
- posredno omogočiti racionalno odločanje o nadgradnjah prometne infrastrukture, pri načrtovanju nove infrastrukture, prometnih ureditev in storitev.

TSPI določa minimalne specifikacije prometnih študij, ki so lahko drugačne glede na konkretne potrebe nalog. V takih primerih naročnik s projektno nalogo določi/ razširi vsebino projektne naloge in obseg prometne študije.

2 Pomen izrazov

Analiza prometa (*traffic analysis, Verkehrsanalyse*) pomeni zajetje, opis in ovrednotenje obstoječega stanja prometa.

Atrakcija potovanj (*attraction, Attraktion*) je število potovanj, ki jih pritegne določena prometna cona.

Distribucija potovanj (*trip distribution, Verkehrsverteilung*) je določitev števila potovanj med pari con.

»**HCM – Highway Capacity Manual**« je ameriški priročnik za dimenzioniranje prometnih površin.

Izbira načina potovanj (*mode choice, Verkehrsaufteilung*) je izračun deleža posameznega načina potovanj med posameznimi pari con.

Napoved prometa (*traffic forecast, Verkehrsprognose*) je ocena celostnega stanja prometa v prihodnje (v izbranem obdobju).

Obremenjevanje mreže (*network assignment, Verkehrsumlegung*) je porazdelitev potovanj med posameznim parom prometnih con izvorno-ciljne matrike po možnih poteh med tema conama.

Povprečni letni dnevni promet (PLDP) (*annual average daily traffic AADT, Jährlicher durchschnittlicher täglicher Verkehr JDTV*) je na osnovi podatkov štetij prometa ovrednoteno povprečno dnevno število motornih vozil, ki so v določenem letu prevozili izbrani prerez vozišča.

Povprečni letni dnevni delavniški promet (PLDDP) (*annual average weekday traffic, Jährlicher durchschnittlicher täglicher Verkehr an Wochentagen*) je na osnovi podatkov štetij

PROMETNE ŠTUDIJE

prometa ovrednoteno povprečno število motornih vozil ob delavnikih, ki so v določenem letu prevozili izbrani prerez vozišča.

Konična ura (*peak hour, Hauptverkehrszeit/Spitzenstunde*) je tista ura v dnevu (dopoldnevu/popoldnevu/turistična konica/posebna konica), ko so prometne obremenitve najvišje.

Ocena učinka na varnost v prometu (RSIA) (*Road Safety Impact Assessment, Folgenabschätzung hinsichtlich der Straßenverkehrssicherheit für Infrastrukturprojekte*) je strateška primerjalna ocena vpliva »infrastrukturnega projekta« (nove ceste ali znatne spremembe obstoječega omrežja, ki vplivajo na potek prometa), ki ga ima na raven prometne varnosti infrastrukturne mreže.

Produkcija potovanj (*trip production, Verkehrserzeugung*) je skupno število potovanj, ki jih producira določena prometna cona.

Prometna cona (*traffic analysis zone, Verkehrszone*) je del območja obdelave.

Prometna obremenitev (*traffic volume, Verkehrsaufkommen*) je število vozil, ki v določenem časovnem intervalu prevozijo posamezen merski prerez na cesti.

Prometna študija (*traffic study, Verkehrsstudie*) je analiza obstoječih in napovedanih prometnih tokov.

Prometni model (*traffic model, Verkehrsmodell*) je matematični model dejanskega prometnega sistema, s katerim poskušamo replicirati obnašanje sistema z uporabo matematičnih enačb in predpostavk.

Štetje prometa (*traffic count, Verkehrszählung*) je način ugotavljanja števila in vrste vozil, ki prevozijo izbrani prerez ceste v določenem času.

3 Vrste prometnih študij glede na vrste ukrepov

V prometnih študijah se analizira učinkovitost različnih vrst ukrepov:

I. Ukrepi prometne politike za preusmerjanje prometnega povpraševanja in sprememba ponudbe JPP

Ukrepi prometne politike za preusmerjanje prometnega povpraševanja so npr. cena goriva, sprememba režima parkiranja, ponudba P&R, cestnine, uvedba rumenih pasov, nove proge javnega potniškega prometa, povečanje frekvenc, cene vozovnic v javnem prometu itn.

II. Prometna ureditev (vodenje prometa),

Načrtovane spremembe vodenja prometa v cestnem omrežju so predvsem spremembe poteka vodenja prometa v križiščih (potek prednosti, semaforski cikli ...), prepoved uporabe cestnih odsekov za določene razrede vozil, na železnicah pa spremembe voznih redov, spremembe hitrosti oz. voznih časov posameznih vrst vlakov itn.

Vrste ukrepov – ceste

III. Ojačitev

Ojačitev pomeni vgraditev več dodatnih plasti materiala na obstoječo konstrukcijo za izboljšanje njene nosilnosti in/ali ohranitev njene uporabnosti na primerni ravni. Ojačitev

PROMETNE ŠTUDIJE

obstoječe asfaltne voziščne konstrukcije je mogoče izvršiti z nadgradnjo, delno zamenjavo ali popolno zamenjavo.

IV. Rekonstrukcija

Rekonstrukcija ceste je spreminjanje tehničnih značilnosti obstoječe ceste, pri čemer se delno ali v celoti spremenijo njeni konstrukcijski elementi in zmogljivost.

V. Novogradnja

Gradnja javne ceste obsega celovito izvedbo gradnje objekta, vključno z izvedbo povezanih prostorskih ureditev, potrebnih za njeno izvedbo.

Vrste ukrepov – železnice

III. Obnova javne železniške infrastrukture pomeni večja dela za obnovo obstoječe infrastrukture, ki ne spremenijo celotnega delovanja podsistema. Obnova torej pomeni, da se proga obnovi, ne da bi se pri tem spremenili dovoljena osna obremenitev, svetli profil ali geometrijski elementi ter prevozna in prepustna zmogljivost.

IV. Nadgradnja javne železniške infrastrukture je vsaka pomembna sprememba podsistema ali njegovega dela, ki privede do spremembe tehnične dokumentacije, priložene ES-izjavi o verifikaciji, če takšna tehnična dokumentacija obstaja, in ki izboljša celotno delovanje podsistema.

V. Novogradnja javne železniške infrastrukture obsega celovito izvedbo gradnje objekta, vključno z izvedbo povezanih prostorskih ureditev, potrebnih za njeno izvedbo oz. gradnja posameznih stabilnih naprav.

Za vrste ukrepov, ki jih analiziramo v prometnih študijah, je treba opraviti različne aktivnosti. Potrebne aktivnosti so podane v naslednjih poglavjih.

3.1 Potrebne aktivnosti glede na vrsto ukrepa

Aktivnosti, ki jih je treba izvesti glede na vrsto ukrepov, so podane v naslednjih preglednicah (ločeno za ceste in železnice) in označene z znakom »+«.

PROMETNE ŠTUDIJE

Preglednica 3.1 Aktivnosti po vrstah ukrepov – ceste

VRSTA UKREPA	I	II	III	IV	V
AKTIVNOST	politika	vodenje	ojačitev	rekonstrukcija	novogradnja
Načrtovanje elementov					
Število pasov				(+)	+
Križišča		+		(+)	+
Voziščna konstrukcija	(+)	(+)	+	+	+
Protihrupni ukrepi	(+)	(+)		(+)	(+)
Načrtovanje vodenja prometa	(+)	+		(+)	+
Analiza prometne učinkovitosti	+	+		(+)	+
Analiza ekonomske učinkovitosti	(+)	(+)			+
RSIA					(+)

(+) Če je treba

- I. Če se v študiji preverja učinkovitost ukrepov prometne politike, je treba preveriti njihovo prometno in ekonomsko učinkovitost.
- II. Če se v študiji preverja oz. načrtuje sprememba vodenja prometa, je treba izvesti načrtovanje križišč, pripraviti načrt vodenja prometa in preveriti prometno učinkovitost.
- III. Če je predvidena zgolj ojačitev voziščne konstrukcije ceste, je treba izdelati samo napoved PLDP po strukturi prometa, ki je potrebna za načrtovanje voziščne konstrukcije.
- IV. Dimenzioniranje voziščne konstrukcije je potrebno tudi pri rekonstrukciji, preveriti pa je treba tudi ustreznost vodenja prometa v križiščih ter po potrebi razširiti križišče z dodatnimi pasovi. V nekaterih primerih se v rekonstrukcije vključijo tudi protihrupni ukrepi.
- V. Pri novogradnjah je treba izvesti vse aktivnosti načrtovanja, preveriti vodenje prometa in izvesti tudi analizo prometne in ekonomske učinkovitosti, kadar je to zahtevano po Pravilniku o preverjanju varnosti cestne infrastrukture pa tudi RSIA.

Kadar študija vključuje različne vrste ukrepov, npr. novogradnje in ukrepe prometne politike, je treba izvesti aktivnosti, ki obsegajo vse vrste ukrepov.

Preglednica 3.2 Aktivnosti po vrstah ukrepov – železnice

VRSTA UKREPA	VI	VII	VIII	IX	X
AKTIVNOST	politika	vodenje	obnova	nadgradnja	novogradnja
Načrtovanje elementov					
Infrastruktura			+	+	+
Energija		+		(+)	+
Vozila	(+)	+	+	+	+
Protihrupni ukrepi				(+)	(+)
Vodenje prometa	(+)	+		(+)	+
Analiza prometne učinkovitosti	+	+	+	(+)	+

PROMETNE ŠTUDIJE

Analiza ekonomske učinkovitosti	+		+	+	+
---------------------------------	---	--	---	---	---

- VI. Če se v študiji preverja učinkovitost ukrepov prometne politike, je treba preveriti njihovo prometno in ekonomsko učinkovitost.
- VII. Če se v študiji preverja oz. načrtuje sprememba vodenja prometa, je treba izvesti načrtovanje podsistemov »infrastruktura« in »vozila«, pripraviti načrt vodenja prometa ter preveriti prometno učinkovitost.
- VIII. Če je predvidena zgolj obnova, je treba opraviti samo načrtovanje infrastrukturnega podsistema.
- IX. Načrtovanje infrastrukturnega podsistema je potrebno tudi pri nadgradnji, včasih pa je treba preveriti tudi ustreznost podsistema »energija« in vodenja prometa na postajah ter po potrebi razširiti postaje z dodatnimi tiri. V nekaterih primerih se v nadgradnjo vključi tudi protihrupne ukrepe.
- X. Pri novogradnjah je treba izvesti vse aktivnosti načrtovanja vseh podsistemov, preveriti vodenje prometa in izvesti tudi analizo prometne in ekonomske učinkovitosti.

Kadar študija vključuje različne vrste ukrepov, npr. novogradnje in ukrepe prometne politike, je treba izvesti aktivnosti, ki obsegajo vse vrste ukrepov.

3.2 Podatki za posamezne vrste analiz po aktivnostih

Za izvedbo analize prometne in ekonomske učinkovitosti analize in prometne varnosti (RSIA) je treba pridobiti različne podatke (preglednici 3.3 in 3.4), ki jih dobimo ali s štetji (za obstoječe stanje), ali kot rezultate napovedi s poenostavljenimi metodami ali različnimi modeli. Te podatke je treba pridobiti za izhodiščno leto, plansko leto in morebitna vmesna obdobja za vse variante oz. scenarije. Vrste podatkov in način zbiranja podatkov so opisani v poglavju 3 v Prilogi.

Napoved prometa se izvede za več scenarijev prihodnjega povpraševanja in prihodnje ponudbe.

Pri uporabi modelov spremenljivega povpraševanja se preveri več scenarijev prihodnjega povpraševanja, pri čemer se kot vhodni podatek za izračun povečane generacije potovanj upošteva napoved prihodnje namenske rabe prostora (ki jo dobimo od pripravljavcev prostorske dokumentacije in nosilcev urejanja prostora oz. prostorskih načrtovalcev), in več scenarijev napovedi socialno-ekonomskih značilnosti populacije (rast dohodka, lastništva vozil, zaposlenosti).

V scenarijih različne prometne ponudbe pa se poleg različnih infrastrukturnih ukrepov kombinirajo tudi različne ponudbe storitev javnega potniškega prometa in variante ukrepov prometne politike.

Za potrebe analize ekonomske učinkovitosti mora biti obvezno en scenarij, ki ne predvideva nobenih ukrepov oziroma ukrepe, ki bi bili izvedeni v vsakem primeru (t. i. primerjalno omrežje).

Pri poenostavljenih metodah izvedemo napoved zgolj za en scenarij prometnega povpraševanja.

PROMETNE ŠTUDIJE

Preglednica 3.3 Podatki za posamezne vrste analiz po aktivnostih na področju cest

AKTIVNOST	POTREBNI PODATKI O PROMETU (REZULTATI NAPOVEDI)
Načrtovanje elementov	
Število pasov na odseku	prometne obremenitve v urnih konicah po razredih vozil in PLDP
Križišča	prometne obremenitve po zavijalnih manevrih v urnih konicah po razredih vozil
Voziščna konstrukcija	PLDP po razredih vozil
Protihrupni ukrepi	PLDP in hitrosti po razredih vozil (do 3.5t in nad 3.5t) in ločeno za dan (12 ur od 6 do 18.ure skupaj), večer (4 ure od 18. do 22.ure skupaj), noč (8 ur od 22. do 6. ure skupaj), skladno z Uredbo o ocenjevanju in urejanju hrupa v okolju
Vodenje prometa	prometne obremenitve v urnih konicah po razredih vozil, potovalni časi v urnih konicah
Analiza prometne in ekonomske učinkovitosti	PLDP, hitrosti in potovalni časi po razredih vozil, število potnikov po progah JP
RSIA	PLDP po razredih vozil

Preglednica 3.4 Podatki za posamezne vrste analiz po aktivnostih na področju železnic

AKTIVNOST	POTREBNI PODATKI O PROMETU (REZULTATI NAPOVEDI)
Načrtovanje elementov	
Infrastruktura	število in hitrosti vlakov na dan po vrstah, neto in bruto tone po odsekih
Energija	število in hitrosti vlakov na dan po vrstah, neto in bruto tone po odsekih
Vozila	bruto tone po odsekih in število potnikov
Protihrupni ukrepi	število in hitrosti vlakov na dan po vrstah
Vodenje prometa	število vlakov na dan po vrstah
Analiza prometne in ekonomske učinkovitosti	število potnikov število, hitrosti in masa vlakov na dan po vrstah

4 Vrste napovedi prometa

Metode za napovedovanje prometa so:

- A. poenostavljene metode (*Simplified Models*),
- B. modeli obremenjevanja (*Assignment models*),
- C. modeli spremembe deleža vrste prometnega sredstva (*Mode Share Models*),
- D. modeli s spremenljivim povpraševanjem (*Variable Demand Models*),
- E. kombinirani modeli.

4.1 Poenostavljene metode

Poenostavljene metode se uporabijo, kadar ni medsebojne odvisnosti med stanjem omrežja in prometnim povpraševanjem.

Primeri uporabe poenostavljenih metod:

PROMETNE ŠTUDIJE

- ojačitve cest, kjer se ne pričakuje sprememba povpraševanja zaradi ojačitve (ni vpliva na generacijo, distribucijo, izbiro načina in obremenjevanje mreže),
- analiza omrežij, kjer ni možnosti preusmerjanja prometa,
- analiza individualnih križišč.

Napoved prometa se izračuna z uporabo faktorjev rasti. Faktorje rasti izračunamo na podlagi analize časovnih vrst števnih podatkov ali pa jih povzamemo iz predhodnih študij za širše območje.

4.2 Modeli obremenjevanja

V modelih obremenjevanja se izvede samo faza obremenjevanja omrežja.

Izvorno-ciljne matrike so pridobljene eksterno, s terenskimi raziskavami (anketami, beleženjem registrskih tablic), iz obstoječih prometih modelov, z analizo podatkov mobilnih operaterjev, cestninskega sistema itn.

Z modeli obremenjevanja se oceni preusmeritev prometa na druge poti zaradi nove ali izboljšane infrastrukture ali storitev javnega prometa.

Primeri uporabe modelov obremenjevanja:

- ocena vpliva spremembe prometne ponudbe, kadar se pričakujejo spremembe pri izbiri poti, ne pa tudi spremembe pri izbiri načina, cilja ali števila potovanj,
- ocena vpliva izboljšanja ponudbe storitev javnega prometa, kadar se pričakujejo spremembe pri izbiri prog javnega prometa, ne pa tudi spremembe skupnega deleža javnega prometa,
- ocena učinkovitosti izvedbe ukrepov prometne politike (npr. cestnine), kadar se pričakujejo spremembe pri izbiri poti, ne pa tudi spremembe načina potovanj.

Pri modelih obremenjevanja je dovoljena tudi uporaba tehnike ocene matrik na podlagi števnih podatkov, kot je npr. maksimizacija entropije.

Modeli obremenjevanja so podrobneje opisani v poglavju 4.4 v Prilogi.

4.3 Modeli spremembe deleža vrste prometnega sredstva

V modelih spremembe deleža vrste prometnega sredstva se modelirata izbira poti in izbira vrste prometnega sredstva oz. načina potovanj.

Z modeli spremembe deleža vrste prometnega sredstva se izračunajo spremembe deležev posameznih načinov potovanj v odvisnosti od spremembe generaliziranih stroškov.

V te modele sta vključeni faza izbire načina potovanj in faza obremenjevanja omrežja.

Primeri uporabe modelov spremembe deleža vrste prometnega sredstva:

- ocena vpliva spremembe prometne ponudbe, kadar se pričakujejo spremembe pri izbiri poti in pri izbiri načina potovanj, ne pa tudi spremembe pri izbiri cilja ali števila potovanj,
- ocena vpliva izboljšanja ponudbe storitev javnega prometa, kadar se pričakujejo spremembe pri izbiri prog javnega prometa in tudi spremembe skupnega deleža javnega prometa,

PROMETNE ŠTUDIJE

- ocena učinkovitosti izvedbe ukrepov prometne politike, kadar se pričakujejo spremembe pri izbiri poti in tudi spremembe načina potovanj.

V modelih spremembe deleža vrste prometnega sredstva je dovoljena tudi uporaba inkrementalne tehnike ali tehnike »pivot-point« za prilagajanje izvorno-ciljnih matrik.

Modeli spremembe deleža vrste prometnega sredstva so podrobneje opisani v poglavju 4.3 v Prilogi.

4.4 Modeli s spremenljivim povpraševanjem

Modeli s spremenljivim povpraševanjem so štiristopenjski prometni modeli, ki vključujejo generacijo, distribucijo, izbiro načina potovanj in obremenjevanje mreže.

Vhodni podatki modelov s spremenljivim povpraševanjem so vrsta in obseg namenske rabe prostora, socialno-ekonomske značilnosti potnikov in stanje prometnega omrežja.

Modeli s spremenljivim povpraševanjem se uporabljajo za modeliranje večjih mest, regij in držav za oceno scenarijev, pri katerih se pričakuje večja sprememba potovalnih časov (spremembe infrastrukture – ureditve in regulative) in/ali stroškov potovanj in/ali vrst namenske rabe prostora in/ali površine namenske rabe prostora.

Primeri uporabe modelov s spremenljivim povpraševanjem:

- ocena vpliva spremembe socio-ekonomskih podatkov,
- ocena spremembe celotnega prometnega povpraševanja vključno z induciranim prometom kot posledice izboljšav v prometnem omrežju,
- ocena vpliva spremembe vzorca potovanj,
- ocena vpliva spremembe časa potovanj,
- ocena vpliva spremembe prometne politike in spremembe ponudbe JPP,
- ocena vpliva spremembe namenske rabe prostora.

Štiristopenjski modeli so podrobneje opisani v poglavju 4 v Prilogi.

4.5 Kombinirani modeli

S kombiniranimi modeli se nekatere vrste potovanj modelirajo z vsemi štirimi stopnjami, ostale pa bolj poenostavljeno.

Primeri kombiniranja modelov:

- štiristopenjski model za notranja potovanja in samo obremenjevanje za tranzitna potovanja,
- kombiniranje štiristopenjskega modela za osebna vozila in samo obremenjevanja za blagovni promet.

4.6 Povzetek funkcionalnosti posameznih vrst modelov

V preglednici 4.1 je podan povzetek funkcionalnosti posameznih vrst modelov, ki je namenjen lažji oceni potrebne časa in stroškov za izdelavo študije.

Preglednica 4.1

PROMETNE ŠTUDIJE

	Poenostavljene metode	Modeli obremenjevanja	Modeli spremembe deleža vrste prom. sredstva	Modeli s spremenljivim povpraševanjem
čas izračuna	kratek	daljši	daljši	najdaljši
izbira poti	ne	da	da	da
izbira načina	ne	ne	da	da
generacija	ne	ne	ne	da
čas razvoja modela	1–2 tedna	2–4 tedne	4–8 tednov	3–12 mesecev

4.7 Uporaba posameznih vrst napovedi glede na vrsto ukrepa

V odvisnosti od vrste ukrepa se uporabljajo naslednje vrste napovedi:

- ojačitev: A
- rekonstrukcija: A, (B)
- novogradnja: B, C, D, E
- prometna ureditev (vodenje prometa): A
- ukrepi prometne politike in sprememba ponudbe JPP: C, D, E

5 Validacija modela

Pred uporabo modela za napoved in analizo variant je treba preveriti njegovo ustreznost. To se izvede s primerjavo rezultatov modela obstoječega stanja z rezultati terenskih raziskav.

5.1 Prometni tok na odsekih in zavijalci v križiščih

Če so za razvoj modela uporabljeni zgolj podatki o štetju prometa (npr. za določitev izvorno-ciljnih matrik), se istih lokacij ne sme uporabiti tudi za validacijo modela. Če so matrike razvite samo na osnovi uporabe sintetičnega modela, pa lahko za njihovo korekcijo uporabimo vsa števna mesta.

5.1.1 Urne obremenitve

Za preverjanje izračunanih urnih pretokov se uporabita naslednji merili:

1. absolutna in relativna razlika med modeliranimi pretoki in štetji,
2. statistika GEH, ki je oblika statistike hi-kvadrat, ki vključuje tako relativne kot absolutne napake, in je opredeljena na naslednji način:

$$GEH = \sqrt{\frac{2*(M-C)^2}{(M+C)}}$$

kjer je:

GEH GEH statistika,

PROMETNE ŠTUDIJE

- M modeliran pretok (rezultat modela),
 C opažen pretok (števnih podatkov).

Merila sta v splošnem skladni, zato zadošča, da je izpolnjeno eno merilo.

Merila za ustreznost so podani v naslednji preglednici:

Preglednica 5.1 Merila ustreznosti modela

Merilo	Števnih podatkov [vozil/h]	Dovoljeno odstopanje	
1	< 700	+/- 100 vozil/h	> 85 % primerov
	>= 700 in < 2700	+/- 15 %	
	>= 2700	+/- 400 [vozil/h]	
2	GEH < 5		> 85 % primerov

Števnih in modelskih podatkov se nanašata na posamezno smer oziroma zavijalni manever v križišču.

Navedeni kriterij velja za modele z uporabo postopka prilaganja matrik. V primeru sintetičnih modelov brez uporabe navedenega postopka je treba doseči GEH < 5 na 65 % odsekov, RMSE < 0,3.

5.1.2 PLDP in povprečni dnevni promet na odsekih

Ustreznost izračunanega PLDP se preveri tako, da se PLDP deli z 10, nato pa se v nadaljevanju ravna enako kot pri preverjanju izračunanih urnih obremenitev.

5.2 Potovalni čas

Poleg pretokov je treba preveriti tudi pravilnost z modelom izračunanih potovalnih časov.

Pravilnost je treba preveriti najmanj za vse tranzitne poti skozi območje obdelave.

Pravilnost je treba preveriti tudi za konična obdobja, če je prometni model izdelan za urni promet.

Izračun potovalnih časov je ustrezen, če izračunani potovalni časi v več kot 85 % preverjenih poti ne odstopajo za več kot 15 % od izmerjenih potovalnih časov. V primeru, da je 15 % izmerjenega potovalnega časa manj kot ena minuta, potem potovalni časi ne smejo odstopati za več kot eno minuto.

6 Dokumentacija prometnega modela

Prometna študija, katerega sestavni del je prometni model, vsebuje poročilo o razvoju prometnega modela in navodilo za uporabo prometnega modela.

PROMETNE ŠTUDIJE

Poročilo o razvoju prometnega modela vsebuje vse podatke, postopke, funkcionalnosti in navodila za uporabo, posodobitev in razvoj prometnega modela. Namen poročila o razvoju prometnega modela je strokovnjakom prometnega modeliranja omogočiti spremljanje razvoja prometnega modela v fazi razvoja prometnega modela, v fazi po zaključku pa možnost nadaljnjega razvoja prometnega modela.

Poročilo o razvoju prometnega modela (t. i. »*model development report*«) vsebuje vsaj:

- kratek opis uporabljenega programskega orodja, v katerem je prometni model izdelan,
- predmet, opis in namen prometnega modela,
- navedbo in opis izhodiščnih podatkov,
- postopke obdelave izhodiščnih podatkov,
- zbirko izhodiščnih podatkov in opis,
- postopek in opis celotnega obremenjevanja prometnega modela,
- postopek in opis posodobitve prometnega modela in
- opredelitev bistvenih rezultatov prometnega modela.

Navodila za uporabo prometnega modela (t. i. »*model user guide*«) so namenjeno prikazu bistvenih rezultatov prometnega modela, vsebujejo pa najmanj navodila za prikaz bistvenih rezultatov prometnega modela (npr. grafične rezultate, tabelarični rezultate in drugo).

Poročilo o razvoju prometnega modela in Navodila za uporabo prometnega modela so sestavni del prometne študije.

7 Analiza rezultatov

Osnovni rezultati napovedi so prometne obremenitve na cestnih odsekih in zavijalci v križiščih, potniki po linijah in postajališčih JPP ter blagovni tokovi oziroma število vlakov po železnicah za vse scenarije za bazno in vsa ciljna leta ter za vsa modelirana časovna obdobja v dnevno, ločeno po vrstah vozil.

7.1 Analiza prometne učinkovitosti

Na osnovi podatkov o štetju prometa (za obstoječe stanje), rezultatov napovedi (s poenostavljenimi metodami ali prometnim modelom) in podatkov o prometni infrastrukturi se izračunajo najmanj naslednji kazalniki prometne učinkovitosti:

- za cestni promet:
 - opravljeno prometno delo (skupno število prevoženih km) po vrstah vozil,
 - skupen porabljen čas (tudi po namenih potovanj),
 - porabljen čas na potnika (tudi po namenih potovanj),
 - dolžina odsekov s preseženo kapaciteto,
 - kapacitetna analiza odsekov, priključkov in križišč po metodologiji HCM:
 - skupne in povprečne zamude,
 - dolžine kolon,

PROMETNE ŠTUDIJE

- skupno in povprečno število ustavljanj,
- nivo uslug;
- za železniški promet najmanj:
 - prevozna zmogljivost (neto in bruto ton/leto, št. potnikov/ dan, št. potnikov/leto),
 - prepustna zmogljivost (št. vlakov/delovni dan za potniške, tovarne in lokomotivske vlake), izračunana po metodi UIC 405 ali UIC 406,
 - izkoriščenost zmogljivosti prog oz. progovnih odsekov,
 - vozni časi posameznih vrst vlakov,
 - zasedenost posameznih tirov,
 - intervali križanja,
 - postajni intervali in
 - vozni redi (izdelani morajo biti za 24-urno obdobje).

Pri analizi prometne učinkovitosti je treba upoštevati merodajne urne obremenitve. Merodajne urne obremenitve se določijo z upoštevanjem t. i. K-faktorjev in faktorjev smerne distribucije. K-faktor se izračuna na podlagi kumulativne distribucije urnih obremenitev na ustreznem avtomatskem števnem mestu ob upoštevanju 30. ure kot merila, smerni faktor pa na podlagi razmerja prometne obremenitve v bolj obremenjeni smeri in skupnega prometa v jutranji konici.

7.2 Analiza prometne varnosti

Če je po Pravilniku o preverjanju varnosti cestne infrastrukture potrebna analiza učinka na varnost v prometu, jo je treba izvesti skladno s Smernicami za oceno učinka na varnost v prometu RSIA (*Road Safety Impact Assessment*).

V primeru prometno varnostne analize kompleksnih križanj, območij prepletanj itn. je smiselna tudi izvedba analize konfliktov na podlagi trajektorij vozil iz mikroskopskih simulacij.

7.3 Analiza ekonomske učinkovitosti

Analiza ekonomske učinkovitosti, izdelana v okviru prometne ali prometno-ekonomske študije, je podlaga za izdelavo investicijske dokumentacije.

Ekonomsko učinkovitost investicije dokazujemo z analizo stroškov in koristi.

Pri analizi stroškov in koristi primerjamo investicijo in razlike pri stroških v primerjavi z varianto brez investicije.

Upoštevamo naslednje vrste stroškov:

- stroške investicije,
- stroške upravljanja in vzdrževanja,
- stroške uporabnikov,
- časovne stroške,
- operativne stroške,
- eksterne stroške,

PROMETNE ŠTUDIJE

- ostanek vrednosti investicije.

Pri analizi upoštevamo stalne cene.

Vse stroške diskontiramo z uporabo predpisane diskontne stopnje.

Za vsako primerjano varianto oz. scenarij je treba izračunati naslednje kazalnike ekonomske učinkovitosti:

- neto sedanjo vrednost NSV,
- relativno neto sedanjo vrednost RNSV,
- interno stopnjo donosa ISD.

Za analizo eksternih stroškov prometa se uporabi priročnik *Handbook on External Costs of Transport* (European Commission, 2019), za cestne projekte pa je dovoljena tudi uporaba OPCOST (DRSI).

Skladno z navedenim priročnikom je treba v analizo vključiti stroške:

- nezgod (razen če so že zajeti v RSIA ali pa v OPCOST),
- onesnaženja zraka,
- podnebnih sprememb,
- hrupa (razen če so že izračunani v študiji hrupa),
- zamud (razen če so že zajeti v časovnih stroških na osnovi analize prometne učinkovitosti),
- proizvodnje energije (*well-to-tank costs*),
- uničevanja habitatov,
- ostale stroške.

Stroški se ocenijo na osnovi prevoženih kilometrov po posameznih vozilih in vrstah ceste z uporabo povprečnih faktorjev (mejnih stroškov) za vsako vrsto eksternih stroškov.

8 Minimalna vsebina elaboratov prometnih študij

V elaboratih prometnih študij morajo biti vsebovane najmanj naslednje vsebine:

UVOD

NAMEN

POVZETEK PREDHODNIH ŠTUDIJ (če obstajajo)

METODOLOGIJA

VPLIVNO OBMOČJE IN OBRAVNAVANO PROMETNO OMREŽJE

VHODNI PODATKI

PROMETNI MODEL (če je potreben)

VALIDACIJA (če je potrebna)

SCENARIJI (če obstajajo)

REZULTATI NAPOVEDI

PROMETNE ŠTUDIJE

ANALIZA REZULTATOV
ZAKLJUČKI IN PREDLOGI

9 Lastništvo modela in vzdrževanje

Če je v študiji izdelan prometni model, ga izvajalec preda naročniku v digitalni aktivni obliki, z vsemi vhodnimi podatki in procedurami za izračun. To mora biti navedeno v projektni nalogi in pogodbi.

Naročnik (ali drugi izvajalec po naročilu naročnika) mora imeti možnost ponoviti vse izračune ob predpostavki, da razpolaga z ustrezno licencirano programsko opremo in ustrezno usposobljenim strokovnim kadrom.

Kadar pričakujemo, da se bo model, ki je bil razvit v okviru študije, uporabljal tudi v prihodnjih študijah, se je priporočljivo pogodbeno dogovoriti o nadaljnjem vzdrževanju modela.

10 Literatura

European Commission. (2019). *Handbook on External Costs of Transport*.

Department for Transport UK, (2021) *Transport analysis guidance*

RS Ministrstvo za infrastrukturo in prostor, (2012) *Smernica za izdelavo ocene učinka na varnost v prometu (RSIA)*

PTV, (2021) *VISUM Manual*

PTV, (2021) *VISSIM Manual*

Omega consult, (2019) *OPCOST metodologija*

Ortuzar, J, Willumsen, L., (2011) *Modelling Transport*

HCM. Highway Capacity Manual (2010 ali novejši)

TSC 06.511: 2009. *PROMETNE OBREMENITVE DOLOČITEV IN RAZVRSTITEV*

Pravilnik o projektiranju cest

PROMETNE ŠTUDIJE**11 PRILOGA****11.1 Koraki prometnega modeliranja**

Koraki prometnega modeliranja so:

- določanje obsega modela,
- zbiranje podatkov,
- izdelava modela baznega leta,
- kalibracija in validacija modela,
- izdelava modelov za napoved in
- analiza rezultatov.

Posamezni koraki so podrobneje opisani v naslednjih poglavjih.

11.2 Določanje obsega modela**11.2.1 Območje obdelave**

Območje obdelave mora obsegati najmanj območje, v katerem lahko pričakujemo viden učinek spremembe namenske rabe prostora, nove infrastrukture ali ukrepa prometne politike.

Meja območja obdelave naj se prekriva z mejami registra prostorskih enot GURS.

11.2.2 Coning

Velikost in število con sta pomembna dejavnika, ki vplivata na natančnost rezultatov in čas izračuna modela. Če so cone prevelike, model ne bo mogel pravilno prikazati sprememb pri potovanjih, če pa so premajhne, se precej poveča čas izračuna modela.

Zavedati se je treba, da potovanja, ki imajo začetek in konec v isti coni, niso predmet obremenjevanja mreže, zato v primeru prevelikih con z modelom napovemo premajhno število potovanj na odsekih in križiščih.

Velikost con mora biti usklajena s podrobnostjo cestne mreže.

Previdnost je potrebna tudi, kadar modeliramo tudi omrežje javnega potniškega prometa in je v eni coni več postaj javnega potniškega prometa. V tem primeru je treba bodisi razdeliti tako cono na več manjših bodisi z načinom modeliranja konektorjev zagotoviti, da bodo potniki ustrezno porazdeljeni po postajah.

Cone blizu ukrepa naj bodo manjše, bolj oddaljene cone pa so lahko večje.

Pri določanju meja notranjih je treba upoštevati naravne ovire in umetne ovire, kot so reke, kanali, pomembnejše ceste, železnice, parki itn. Po možnosti naj bi znotraj cone prevladovala ena vrsta rabe površin; npr. stanovanja, industrija, trgovina itn.

Meje con naj se prekrivajo z mejami registra prostorskih enot GURS, saj je tako olajšano pridobivanje podatkov o prebivalcih od SURS.

11.2.3 Prometno omrežje

Stopnja podrobnosti prometnega omrežja naj ustreza namenu študije. Za bolj strateške študije je prometno omrežje lahko bolj grobo, za bolj operativne pa bolj podrobno. V vsakem primeru

PROMETNE ŠTUDIJE

mora biti usklajeno s coningom. Omrežje naj bo najbolj podrobno modelirano v bližini ukrepa. Omrežje naj vključuje vse smiselne druge možne poti, pri katerih lahko pričakujemo večje spremembe prometnih obremenitev.

V območjih z zastoji v križiščih je treba križišča modelirati z vsemi podrobnostmi, najmanj pa z načinom vodenja prometa (križišče s prednostno cesto, krožišče, semafor), s številom pasov po posameznih smereh in v primeru semaforiziranih križišč s krmilnimi programi.

11.2.4 Razredi vozil

V modelu je treba ločeno modelirati najmanj:

- osebna vozila,
- tovorna vozila (ločeno na vozila do 3.5 tone in nad 3.5 tone) in
- avtobuse.

11.2.5 Načini potovanj

Za modele, ki omogočajo izračun spremembe deleža načina potovanj (*modal split*), je treba izračunati povpraševanje za vsak način potovanja.

Možni načini potovanja so naslednji:

za potniški promet:

- osebni avto (voznik in sopotnik),
- železnica,
- avtobus,
- zračni promet (če je potrebno),
- vodni promet (če je potrebno),
- kolesa,
- pešec in

za prevoz blaga:

- cesta,
- železnica,
- zrak in
- plovne poti.

V model mora biti vključen vsak način, za katerega se pričakuje, da se mu bo zaradi ukrepa spremenil delež.

11.2.6 Nameni potovanj

Pri modeliranju potniškega prometa naj se ločeno modelirajo segmenti povpraševanja tako, da en segment predstavlja določeno homogeno skupino z enakim namenom potovanja. Ena skupina potovanj predstavlja oz. ponazarja določene značilnosti potovalnih navad. (npr. potovanje v službo, potovanje v šolo ...). Pri tem velja, da ena skupina lahko predstavlja tudi sklop zaporednih potovanj (npr. potovanje v službo in nazaj domov).

PROMETNE ŠTUDIJE

Pri modeliranju potniškega prometa naj se ločeno modelirajo najmanj naslednji segmenti povpraševanja:

- potovanja na delo (v službo),
- potovanja v šolo,
- poslovna potovanja (potovanja med delovnim časom na / s sestankov itn.) in
- prostočasne dejavnosti (vključno z nakupovanjem, obiskom prijateljev itn.).

11.2.7 Modeliranje tovornega prometa

Če so zaradi ukrepa predvidene večje spremembe povpraševanja po tovornem prometu, je treba posebej modelirati tudi tovorni promet z najmanj štirimi fazami. Tipičen primer je sprememba namenske rabe prostora ali intenzivni ukrepi za preusmerjanje tovornega prometa s cest na železnice.

Kadar pa večje spremembe povpraševanja tovornega prometa niso predvidene, se lahko tovorni promet modelira samo v fazi obremenjevanja omrežja.

11.2.8 Demografske skupine

Če se modelira tudi izbira načina potovanj (modal split), je priporočljivo ločiti potovanja na potovanja oseb, ki imajo dostop do osebnega vozila, in tiste, ki ga nimajo.

Če se modelirajo tudi vplivi cestnin, parkirnin, je priporočljivo deliti potnike tudi glede na dohodkovne segmente.

11.2.9 Časovna obdobja v dnevu

Modelirati je treba najmanj:

- jutranjo konico in
- popoldansko konico.

Če je potrebno:

- dimenzioniranje števila pasov na odsekih,
- dimenzioniranje voziščne konstrukcije in/ali
- izračun obremenjenosti s hrupom,

je potreben tudi izračun povprečnega letnega dnevnega prometa (PLDP).

V modelu za PLDP je treba kot dnevno kapaciteto upoštevati 10-kratnik urne kapacitete, izračunane po metodologiji HCM.

Na območjih z izrazitim sezonskim prometom je treba modelirati tudi turistično konico. Konica se določi na podlagi štetja prometa ob petkih popoldne, soboto dopoldne in nedeljo zvečer v turistični sezoni.

Na območjih z izrazitim generatorjem (trgovski centri, športni centri) je treba modelirati tudi konico generatorja, kadar ta časovno ne sovпада z jutranjo/popoldansko konico glavne prometne smeri.

PROMETNE ŠTUDIJE**11.2.10 Izbira modeliranih let**

Vsako modeliranje se začne z definiranjem izhodiščnega (baznega) leta, za katero so znana izhodišča za poustvarjanje prometnih razmer.

Poleg baznega leta je treba izdelati model še za:

- prvo leto delovanja ukrepa in
- deset let po začetku delovanja ukrepa.

V primeru novogradenj je treba izdelati model tudi za konec planskega obdobja. Za novogradnje je to dvajset let po začetku obratovanja, za rekonstrukcije pa 10 let.

11.3 Zbiranje podatkov

Za razvoj in validacijo prometnih modelov je treba zbrati obsežno količino podatkov. Zbiranje podatkov je specializirano področje in je tukaj zajeto na razmeroma splošni ravni.

Zbrati je treba podatke o:

- sedanji prometni ponudbi (prometna infrastruktura in storitve),
- sedanjem povpraševanju (število potovanj po namenih, izvorih in ciljih ter načinih potovanj) in
- sedanji namenski rabi prostora in socio-ekonomskih značilnostih prebivalcev.

11.3.1 Tehnike zbiranja podatkov**11.3.1.1 Ankete****11.3.1.1.1 Anketa po gospodinjstvih****11.3.1.1.1.1 Velikost vzorca**

Velikost zbranega vzorca je odvisna od velikosti območja obdelave, želene stopnje točnosti in občasno tudi od gostote poseljenosti. Priporočene vrednosti za velikost vzorca so podane v naslednji preglednici:

Preglednica 3.1 Minimalne in priporočene velikosti anketnih vzorcev

število prebivalcev	priporočeno	minimalno
pod 50.000	20 %	5 %
50–150.000	12,5 %	2,5 %
150–300.000	10 %	1,5 %

Velikost vzorca je lahko manjša zgolj v primeru, da izvajalec z izračunom dokaže njeno ustreznost.

11.3.1.1.1.2 Izbor vzorca

Vzorec se izbere naključno s seznamov, kot so volilni imeniki, telefonski imeniki, spletni paneli itn.

11.3.1.1.1.3 Postopek

Anketa po gospodinjstvih se lahko izvede z obiskom na domu, po telefonu, s posredovanjem vprašalnikov učencem v šolah ali v obliki spletne ankete.

Z anketo zberemo podatke o osnovnih značilnostih gospodinjstva ter vseh potovanjih vseh članov gospodinjstva, starejših od 7 let, v predhodnih 24 urah.

PROMETNE ŠTUDIJE

Osnovni podatki o gospodinjstvu so: naslov, velikost gospodinjstva, starostna struktura, zaposlitev, lastništvo vozil in dohodek. Pogosto smo naleteli na odpor pri odgovarjanju na vprašanje o dohodku, zato smo to vprašanje raje nadomestili z vprašanji, iz katerih lahko posredno sklepamo, kakšen je dohodek gospodinjstva. To so npr. vrsta stanovanja, lastništvo ali najem, poklic itn.

Podatki o potovanjih zajemajo naslov začetka in konca potovanja, čas začetka in konca, namen potovanja in način oz. sredstvo. Pri namenih potovanja se običajno loči potovanja od doma v službo, od doma po opravkih ter potovanja, ki se ne začnejo doma. Lahko pa se namene razdeli še bolj podrobno (npr. šola, šport, itn.). Pri načinih potovanja se običajno loči med voznikom vozila, potnikom v osebнем vozilu, voznikom tovornjaka, motoristom, potnikom v avtobusu, vlaku, kolesarjem in pešcem.

Za uspeh ankete je zelo pomembna medijska priprava prebivalstva. Prebivalce moramo z obvestili v časopisju, po radiju in televiziji čim bolj motivirati za aktivno sodelovanje.

11.3.1.1.2 Anketa v javnem prometu

Podatki o potovanjih z javnim prometom, ki se začnejo znotraj območja obdelave, se pridobijo z anketo po gospodinjstvih. Potovanja, ki se začnejo zunaj gospodinjstva, pa z anketo na vozilih javnega prometa ali pa na postajališčih pri vstopi ali izstopu. Običajno zaradi gneče ni možno izvesti neposredne ankete, ampak se anketa izvede tako, da se razdelijo dopisnice z anketnimi vprašanji. Hkrati z anketo se izvaja štetje potnikov.

11.3.1.1.3 Ankete izražene preference

Tovrstne ankete se običajno uporabljajo za izračun vrednosti časa in ostalih parametrov izbire načina potovanj, modeliranje cestninskih sistemov, itn. Pri anketah izražene preference anketirance sprašujemo, kaj bi storili v določeni hipotetični situaciji.

11.3.1.2 Štetje prometa

11.3.1.2.1.1 Na prerezih

Štetje prometa na cestnih odsekih se lahko izvaja ročno, s snemanjem videoposnetkov ali avtomatskimi števci prometa.

Avtomatski števci so lahko stalni ali pa občasni. Večinoma se za stalna štetja uporabljajo indukcijski števci, poleg njih pa še mikrovalovni, piezzo in video detekcijski. Za občasna štetja pa se uporabljajo tudi pnevmatski števci.

Zaradi večje natančnosti se za stalna štetja priporoča uporaba indukcijskih števec, za občasna pa snemanje videoposnetkov.

Ročna štetja se izvajajo najmanj 3 ure v jutranji in popoldanski konici v tipičnem dnevu (torek, sredo, četrtek) in mesecu (marec, april, maj, oktober, november).

Snemanje s kamero in občasna avtomatska štetja je treba za potrebe modeliranja konic izvajati najmanj 3 ure, za potrebe modeliranja PLDP pa najmanj 16 ur.

V primeru snemanja videoposnetkov je treba pridobiti soglasje upravljalca ceste in upoštevati določila zakona, ki ureja varstvo osebnih podatkov.

Viri podatkov o štetju prometa so državne inštitucije in agencije oz. upravljavci prometnega sistema.

PROMETNE ŠTUDIJE

11.3.1.2.1.2 V križiščih

Pomemben podatek pri razvoju in validaciji modelov so tudi tokovi zavijalcev v križiščih.

Pri enostavnih križiščih se lahko štetje opravi ročno ali pa tokove snemamo in te videoposnetke analiziramo kasneje.

Ročna štetja se izvajajo najmanj 3 ure v jutranji in popoldanski konici v tipičnem dnevu (torek, sreda, četrtek) in mesecu (marec, april, maj, oktober, november).

Snemanje s kamero in občasna avtomatska štetja je treba za potrebe modeliranja konic izvajati najmanj 3 ure, za potrebe modeliranja PLDP pa najmanj 16 ur.

V primeru snemanja videoposnetkov je treba pridobiti soglasje upravljalca ceste in upoštevati določila zakona, ki ureja varstvo osebnih podatkov.

Obstaja nekaj komercialnih ponudnikov za izvajanje snemanja videoposnetkov in/ali kasnejše obdelave, zato se klasično ročno štetje uporablja vse redkeje.

V bolj zapletenih križiščih (diamanti, večja krožišča) je treba šteti vse krake istočasno, včasih pa je klasično štetje neizvedljivo, zato se je treba poslužiti tehnike sledenja vozil (npr. sledenje registrskih tablic, sledenje mobilnih telefonov itn.).

V tem primeru je treba pridobiti soglasje upravljalca ceste in upoštevati določila zakona, ki ureja varstvo osebnih podatkov.

V mestnih središčih je treba šteti tudi kolesarje in pešce.

11.3.1.2.2 Štetje potnikov v javnem prometu

Za validacijo modela javnega prometa potrebujemo tudi podatke o številu potnikov na vozilih javnega prometa po progah in med postajami.

Te podatke lahko pridobimo:

- iz poročil prevoznikov o številu potnikov v JPP,
- iz prodaje vozovnic,
- iz validacije vozovnic,
- s štetjem potnikov na vozilih,
- s štetjem potnikov pri vstopu in izstopu na postajah.

V primeru validacije vozovnic običajno dobimo podatke o vstopih, ne pa tudi izstopih, zato so ti podatki zgolj omejeno uporabni.

11.3.1.2.3 Merjenje dolžin kolon

V primeru zgostitev prometa štetje prometa ne zadošča, saj se s tem izmeri samo prepustnost posamezne smeri, ne pa tudi povpraševanja. Zato je treba izmeriti tudi kolone.

Štetje vozil v koloni je potrebno kadar:

- se pred nesemaforiziranim križiščem in krožiščem redno pojavlja kolona več kot 5 vozil ali
- je pred semaforiziranim križiščem na koncu zelene luči redno še vedno več kot 5 vozil.

PROMETNE ŠTUDIJE

V teh primerih povečamo prešteti promet tako, da so izračunane dolžine kolon enake preštetemu prometu.

11.3.1.2.4 Meritve hitrosti

Sodobnejši avtomatski števec prometa omogočajo tudi meritve hitrosti vozil na števnih mestih. Ti podatki nam zelo koristijo pri izdelavi modela (hitrosti prostega prometnega toka po kategorijah vozil) in pri validaciji modela (hitrosti v konicah).

Podatke o hitrostih vozil na odsekih, kjer ni nameščenega števca prometa, pa lahko pridobimo tudi z radarskimi meritvami ali pa od ponudnikov navigacijskih storitev (npr. TomTom, Google Maps).

11.3.1.2.5 Ugotavljanje izvorov in ciljev potovanj

Za pridobitev podatkov o izvorih in ciljih potovanj in za oceno potovalnih časov se lahko uporabi tudi tehnika sledenja vozil z beleženjem registrskih tablic ali sledenjem mobilnih telefonov.

V tem primeru je treba pridobiti soglasje upravljalca ceste in upoštevati določila zakona, ki ureja varstvo osebnih podatkov.

11.3.1.2.5.1 Beleženje registrskih tablic

Vozilom se lahko sledi s pomočjo beleženja registrskih tablic na izbranih cestnih prerezih. Običajno se to izvaja na meji območja obdelave ali pa na vmesnih kontrolnih črtah.

Registrske tablice lahko beležimo ročno ali pa s samodejno obdelavo videoposnetkov.

Pri ročnem beleženju registrskih tablic zadošča beleženje zadnjih treh znakov.

11.3.1.2.5.2 Sledenje mobilnih naprav

Vozilom se lahko sledi tudi s pomočjo sledenja mobilnih naprav.

Za ugotavljanje izvorov in ciljev potovanj se lahko uporabljajo tudi posebne aplikacije, ki si jih vzorec voznikov prostovoljno namesti na mobilne telefone.

Delne podatke o izvorih in ciljih potovanj lahko pridobimo tudi od ponudnikov navigacijskih storitev (npr. TomTom).

11.3.1.2.6 Meritve potovalnih časov

Za izdelavo in validacijo modelov je treba izmeriti tudi podatke o potovalnih časih na izbranih relacijah.

Zbrati je treba potovalne čase v primeru prostega prometnega toka (zunaj konice) in v konicah.

Podatke se lahko pridobi na naslednje načine:

- s spletnimi storitvami za načrtovanje poti (maps.google.com, viamichelin, TomTom itd.) ali
- s sledenjem vozil (opisano v predhodnem poglavju)

PROMETNE ŠTUDIJE

11.3.2 Podatki o sedanji prometni ponudbi

11.3.2.1 Prometna infrastruktura

11.3.2.1.1 Ceste

Najprej se določi, katere kategorije cest bomo vključili v prometni model. Odvisno od obsega in namena študije se lahko v model vključijo samo npr. avtoceste, glavne in regionalne ceste ali pa tudi mestne ulice.

Za ceste, ki bodo vključene v model, se zberejo naslednji podatki:

Cestni odseki:

- dolžina,
- število pasov,
- omejitve vožnje (po vrstah prometnih sredstev in smereh),
- hitrost prostega prometnega toka (administrativna omejitev hitrosti ali pa v85)
- kapaciteta izračunana po HCM,
- tip ceste,
- cestnina (če se zaračunava).

Križišča:

- vodenje prometa (nesemaforizirano, semaforizirano, krožišče),
- število pasov po smereh, dolžina zavijalnih pasov in
- krmilni programi (za semaforizirana križišča).

Viri podatkov o prometni infrastrukturi so lahko:

- že obstoječi prometni modeli,
- podatki upravljalcev prometne infrastrukture (DARS, DRSI, občine),
- zbirni kataster gospodarske infrastrukture (GJI),
- podatki nekomercialnih ponudnikov (OpenStreet map),
- podatki komercialnih ponudnikov navigacijskih storitev in/ali
- upravljavci in vzdrževalci semaforjev.

11.3.2.1.2 Podatki o parkiriščih

Za podrobnejše modele in analize je treba zbrati tudi podatke o lokacijah, kapacitetah, zasedenosti in obratu parkirišč ter o tarifnem sistemu, ki ga uporabljajo.

PROMETNE ŠTUDIJE

11.3.2.2 Storitve

Zbrati je treba podatke o poteku linij javnega prometa, postajališčih, prestopnih točkah, voznih redih, tarifah itn.

Viri podatkov o storitvah javnega prometa so lahko:

- že obstoječi prometni modeli,
- odprti podatki Slovenije (IJPP),
- ministrstvo za področje prometa (IJPP),
- občine z organizirano lokalno gospodarsko javno službo mestnega potniškega prometa
- prevozniki,
- komercialni ponudniki,
- nekomercialni ponudniki (OpenStreet map) in/ali
- NCUP.

Te podatke je običajno možno pridobiti v GTFS-formatu.

11.3.3 Podatki o sedanjem povpraševanju

Podatke o številu potovanj po namenih, izvorih in ciljih ter načinih potovanj prebivalcev, ki živijo na območju obdelave, zberemo z anketami po gospodinjstvih.

11.3.3.1 Raziskave generacije potovanj

Z raziskavami generacije potovanj se določi obseg potovanj, ki se generira na določenem območju. Te raziskave se lahko izvedejo samo za določeno, že obstoječo namensko rabo prostora na nekem območju (prometno cono) ali pa za izračun parametrov generacije potovanj, ki jih potem lahko uporabimo za napovedi.

Te raziskave se lahko izvajajo s štetjem prometa, ločeno po načinih potovanj.

Parametre generacije potovanj, ki so vezana na prebivalstvo, lahko pridobimo z anketami po gospodinjstvih. Z anketami po gospodinjstvih pridobimo podatke o številu potovanj, namenih in časovni distribuciji potovanj po posameznih kategorijah prebivalcev.

Če se raziskave generacije potovanj ne izvedejo, se lahko uporabijo podatki iz drugih študij. V Sloveniji se pogosto uporabljajo podatki ITE Trip Generation Manual, katerih uporabnost pa je potrebno preveriti v fazi validacije modela.

11.3.3.2 Raziskave distribucije potovanj

Za razvoj modelov preusmerjanja prometa (*Assignment models*) in za validacijo ostalih dveh kompleksnejših modelov so potrebni tudi podatki o izvorih in ciljih potovanj.

Podatke o izvorih in ciljih potovanj se lahko pridobi na več načinov:

- z anketo po gospodinjstvih,
- z anketami na terenu
 - o cesta,
 - o javni promet,
- s sledenjem vozil (registrske tablice, sledenje mobilnih telefonov).

PROMETNE ŠTUDIJE

11.3.3.3 Raziskave izbire načina potovanj

Parametre modelov izbire načina potovanj se običajno pridobi z anketami izražene preference.

Za validacijo modela izbire načina potovanj pa se podatke o deležih potovanj opravljenih s posamezno vrsto prometnega sredstva, pridobi:

- z anketo po gospodinjstvih,
- z anketami na terenu
 - cesta,
 - javni promet,
- s sledenjem vozil (registrske tablice, sledenje mobilnih naprav ...),
- s štetjem vozil in potnikov.

11.3.3.4 Raziskave parametrov modela izbire poti

Parametre modelov izbire poti lahko pridobimo z anketami izražene preference. Te se zlasti uporabljajo v primeru modeliranja cestninskih cest.

Za validacijo modela izbire poti pa podatke pridobimo s štetjem vozil in potnikov.

11.3.4 Socio-ekonomski podatki

11.3.4.1 Podatki o prebivalstvu in zaposlenosti

Tip socio-ekonomskih podatkov, ki jih je treba zbrati, se spreminja v odvisnosti od velikosti in namena študije. Vendar so nekateri podatki bistveni za vse študije. To so podatki o številu prebivalcev, strukturi po spolu in starosti ter strukturi gospodinjstev po velikosti, starosti in vrsti zaposlitve.

Natančnost zbranih podatkov mora biti usklajena z natančnostjo izvedene ankete (število in homogenost obravnavanih skupin).

11.3.4.2 Dohodek

Raven dohodka gospodinjstva vpliva na število in način potovanj članov gospodinjstva. Podatke o dohodku se lahko pridobijo z anketo po gospodinjstvih.

11.3.4.3 Delovna mesta

Pri številu zaposlenih je treba biti previden, saj so lahko na enem naslovu uradno zaposleni ljudje, ki delajo na dislociranih enotah.

11.3.4.4 Obseg prodaje

Število potovanj se odraža tudi v količini prodanega blaga v trgovinah. Zato je treba pridobiti podatke o trgovinah, kot so površina, število delovnih mest, količina prodanega blaga itd.

PROMETNE ŠTUDIJE

11.3.4.5 Šole in druge izobraževalne ustanove

Pridobiti je treba podatke o lokaciji in številu zaposlenih, učencev, dijakov in študentov.

11.4 Štiristopenjski prometni model

11.4.1 Generacija potovanj

V fazi generacije potovanj se izračuna raven potovanj za posamezne cone. Izračunajo se t. i. produkcije in atrakcije vsake posamezne cone.

Tehnike za napoved generacije potovanj so zasnovane na predpostavki, da so potovanja odvisna od:

- namenske rabe prostora,
- socio-ekonomskih značilnosti potnikov,
- značilnosti transportnega sistema.

Na generacijo potovanj vplivata vrsta in obseg namenske rabe prostora. Mera za obseg aktivnosti je običajno število prebivalcev, stanovanj, gostota, število delovnih mest, površina trgovin, število študentov itn. Dejavniki generacije potovanj se lahko določijo z regresijsko analizo podatkov, zbranih z raziskavami generacije potovanj (glej razdelek 8.3.1), lahko pa se uporabijo tudi podatki iz drugih študij. V Sloveniji se pogosto uporabljajo podatki ITE Trip Generation Manual.

11.4.2 Distribucija potovanj

V fazi distribucije potovanj se potovanja porazdelijo med posamezne pare prometnih con. Porazdelitev (distribucija) potovanj med prometne cone se predstavi s t. i. izvorno-ciljno matriko. V tej dvodimenzionalni matriki predstavljajo vrstice in stolpci posamezne prometne cone. Celice v vrstici *i* vsebujejo potovanja, ki se začnejo v coni *i* in končajo v conah, ki so predstavljene s posameznimi stolpci. Celice v glavni diagonali vsebujejo število t. i. potovanj v coni (*intrazonal trips*).

Obstajata dve glavni skupini metod za napoved distribucije potovanj:

- analogne metode ali metode faktorjev rasti – pri teh se sedanja potovanja pomnožijo s faktorji rasti;
- sintetične metode – pri teh se poskuša razumeti vzroke distribucije potovanj, običajno se iščejo analogije med potovanji in fizičnimi zakoni. Vsem metodam je skupno osnovno načelo: število potovanj med dvema conama narašča z naraščanjem atrakcije in pada z naraščanjem oddaljenosti.

11.4.2.1 Metode faktorjev rasti

Na podlagi podatkov o rasti celotnega števila potovanj v študijskem območju ali pa na podlagi podatkov o rasti števila produkcij in/ali atrakcij posameznih con se oceni, kakšno bo število potovanj med posameznima paroma con v prihodnosti, v ciljnem letu. Ta ocena se lahko izvede na različne načine.

Ta skupina metod se lahko predstavi s skupno formulo:

$$T_{ij} = t_{ij}E,$$

PROMETNE ŠTUDIJE

kjer je:

T_{ij} število potovanj iz cone i v cono j v prihodnosti,

t_{ij} sedanje število potovanj iz cone i v cono j,

E faktor rasti.

Metode se med seboj razlikujejo po načinu izračuna faktorjev rasti. Faktor rasti je lahko enoten za celotno območje obdelave ali pa se razlikuje od cone do cone.

Uporabijo se lahko naslednje metode:

- metoda enotnega faktorja rasti,
- enojno omejene metode,
- dvojno omejene metode
 - metoda povprečnega faktorja rasti,
 - Fratarjeva metoda,
 - metoda Detroid,
 - metoda Furness.

Če se bodo vse cone študijskega območja enakomerno razvijale, se lahko uporabi metoda enotnega faktorja rasti.

V primeru izrazitih rasti zgolj produkcij ali atrakcij se uporabijo enojno omejene metode, sicer pa dvojno omejene metode, med katerimi se priporoča uporaba metode Furness.

Faktor rasti se izračunajo na podlagi rezultatov faze generacije potovanj kot razmerje med številom prihodnjih in številom sedanjih potovanj.

$$E = \frac{T}{t}$$

11.4.2.2 Sintetične metode

Metode faktorjev rasti niso primerne za modeliranje distribucije potovanj, kadar nastopajo velike spremembe v transportnem omrežju. Za reševanje takih problemov je bilo razvito več drugačnih modelov, ki poskušajo poiskati razloge za različno distribucijo potovanj. Ti modeli napovedujejo število potovanj med posameznimi pari con brez uporabe matrik, pridobljenih s terenskimi raziskavami. Zato jih imenujemo sintetični.

Med temi modeli je najbolj znan gravitacijski model. V najosnovnejši obliki gravitacijskega modela je število potovanj med dvema conama premo sorazmerno produkciji izvorne cone, atrakciji ciljne cone in obratno sorazmerna njuni medsebojni oddaljenosti.

To pomeni, da bo število potovanj med dvema conama z veliko produkcijo in atrakcijo večje, po drugi strani pa, da bo število potovanj med dvema oddaljenima conama manjše.

$$T_{ij} = \alpha O_i D_j f(c_{ij})$$

PROMETNE ŠTUDIJE

kjer je:

T_{ij} število potovanj iz cone i v cono j,

O_i število produkcij cone i,

D_j število atrakcij cone j,

$f(c_{ij})$ funkcija generaliziranih stroškov.

Pogoste oblike te funkcije so:

$f(c_{ij}) = \exp(-\beta c_{ij})$ eksponentna funkcija

$f(c_{ij}) = c_{ij}^{-n}$ potenčna funkcija

$f(c_{ij}) = c_{ij}^n \exp(-\beta c_{ij})$ kombinirana funkcija

Pri sintetičnem modelu distribucije potovanj običajno medsebojno oddaljenost con podrobneje definiramo kot upor oziroma generalizirane stroške med parom con, ki vključuje oddaljenost, potovalni čas, strošek potovanj. Parametra β in n se določita v fazi kalibracije modela.

11.4.3 Izbira načina potovanj

Izbira prometnega sredstva (mode choice, mode split) je proces, v katerem se za vsak par con določi število potovanj, ki bodo opravljena z vsako vrsto prometnega sredstva, ki je na voljo na območju obdelave (osebno vozilo, mestni avtobus, tramvaj itn.)

Vhodni podatek za to fazo so izvorno-ciljne matrike (običajno ločeno za vsak namen potovanj), ki so rezultat distribucije potovanj.

Rezultat te faze pa so izvorno-ciljne matrike za vsako vrsto prometnega sredstva.

11.4.3.1 Dejavniki izbire načina potovanj

Dejavniki, ki vplivajo na izbiro prometnega sredstva so:

- značilnosti potnika (dohodek, število vozil ...),
- značilnosti potovanja (namen),
- značilnosti transportnega sistema (potovalni čas, stroški).

11.4.3.2 Logit model

Če sta na izbiro samo dve vrsti prometnih sredstev (recimo osebni avto in javni promet), se lahko z logit modelom izračuna delež potnikov, ki bo uporabil osebni avtomobil na naslednji način:

$$P_{oa} = \frac{e^{u_{oa}}}{e^{u_{oa}} + e^{u_{jp}}}$$

kjer je

P_{oa} verjetnost uporabe osebnega vozila,

$e^{u_{oa}}$ uporabnost osebnega vozila,

PROMETNE ŠTUDIJE

u_{jp} uporabnost javnega prometa.

Uporabnosti posamezne vrste prometnega sredstva so običajno linearne funkcije parametrov potovanja (trajanja, cene itn.), npr.:

$$u_{oa} = k_{oa} + \alpha c_{oa} + \beta t_{oa},$$

$$u_{jp} = k_{jp} + \alpha c_{jp} + \beta t_{jp},$$

kjer so

k_{oa}, k_{jp}	konstanti, specifični za prometno sredstvo
α	koeficient cene
β	koeficient časa
c_{oa}, t_{oa}	cena in trajanje potovanja z osebnim avtomobilom
c_{jp}, t_{jp}	cena in trajanje potovanja z javnim prometom

Koeficiente uporabnostnih funkcij določimo z analizo podatkov, zbranih z anketami izražene preference.

11.4.3.3 Multimodalni logit model

Če je na izbiro več vrst prometnih sredstev, lahko izračunamo verjetnost uporabe posamezne vrste na naslednji način:

$$P_i = \frac{e^{u_i}}{\sum_{j=1}^n e^{u_j}}.$$

11.4.3.4 Hierarhični logit model

Če je na izbiro več vrst sredstev, med katerimi so si nekatere vrste zelo podobne (npr. avtobus in tramvaj), lahko pride do napačnih izračunov. V takih primerih je bolje uporabiti hierarhične ali gnezdene modele.

Z uporabo hierarhičnih modelov se najprej izračuna delež potnikov, ki bo uporabil vrste sredstev, ki so si podobne (npr. javni promet), nato pa, koliko izmed njih bo uporabilo posamezno vrsto v tej skupini (npr. avtobus ali tramvaj).

Obstajajo tudi metode, pri katerih se v fazi izbire načina potovanja določi delež javnega prometa, delež med avtobusom in vlakom pa se določi v fazi obremenjevanja.

Če je frekvenca odhodov avtobusov na najbolj obremenjeni liniji javnega potniškega prometa v konični uri manjša od tri, lahko fazo izračuna načina potovanj v celoti izpustimo.

PROMETNE ŠTUDIJE**11.4.4 Obremenjevanje mreže**

V fazi obremenjevanja mreže se potovanja med posameznimi pari con iz izvorno-ciljnih matrik porazdeli po različnih alternativnih poteh med tem parom con. Matrike potovanj osebnih in tovornih vozil porazdelimo po cestni mreži, matrike potovanj z javnim prometom pa po mreži javnega prometa.

Obstaja več metod, ki jih v grobem delimo na:

- metode statičnega obremenjevanja in
- metode dinamičnega obremenjevanja.

11.4.4.1 Statično obremenjevanje

Pri metodah statičnega obremenjevanja se predpostavi, da se ponudba in povpraševanje v modeliranem obdobju (običajno v eni uri) ne spreminjata.

11.4.4.1.1 Deterministične metode

Pri determinističnih metodah se predpostavlja, da potniki točno poznajo potovalni čas po vseh poteh, ki jih imajo na izbiro.

11.4.4.1.1.1 Metoda »vse ali nič«

Metoda »vse ali nič« je najenostavnejša. Osnovno načelo je, da se vsa potovanja opravijo po najhitrejših poteh, pri čemer pa se ne upošteva, da se potovalni čas zaradi prometnih obremenitev poveča. Niti se ne upošteva tega, da je prekoračena prepustnost. Tako izračunane prometne obremenitve so torej v večini primerov nerealne; metoda izračuna previsoke obremenitve na cestnih odsekih, ki ležijo na poteh, ki so v primeru neoviranega prometnega toka najhitrejše, na ostalih odsekih pa prenizke.

Ta metoda se uporablja zgolj v primeru, da so prometne obremenitve zelo nizke v primerjavi s prepustnostjo omrežja.

Pomembna pa je zato, ker je na nek način vgrajena v ostale metode.

11.4.4.1.1.2 Inkrementalna metoda

Pri inkrementalni metodi se poskuša upoštevati podaljšanje potovalnega časa tako, da se povpraševanje razdeli na več delov, zaporedoma se obremenjuje mreža s posameznimi deli povpraševanja in po vsakem obremenjevanju se izračunajo novi potovalni časi.

Ta metoda že bolje upošteva kapacitetne omejitve in prerazporeja vozila tudi na ostalo omrežje. Še vedno pa ima slabosti, saj so rezultati zelo odvisni od tega, na koliko deležev se razdeli povpraševanje. Običajno se s to metodo ne doseže ravnovesje med ponudbo in povpraševanjem.

11.4.4.1.1.3 Ravnovesna metoda

Ravnovesna metoda obremeni mrežo v skladu s t. i. prvim Wardropovim načelom, ki pravi: »Če bi katerikoli posamezni uporabnik izbral drugo pot, bi bil na slabšem.«

Z uporabo te metode se doseže t. i. uporabniški optimum.

Za modeliranje PLDP se priporoča uporaba ravnovesnega obremenjevanja.

PROMETNE ŠTUDIJE

11.4.4.1.2 Stohastične metode

11.4.4.1.2.1 Stohastično obremenjevanje

Pri determinističnem obremenjevanju se predpostavlja, da vsi vozniki

- točno poznajo impedanco vseh poti,
- enako vrednotijo vse sestavine impedance.

Pri stohastičnem obremenjevanju se predpostavi, da dojevanje impedance variira skladno z neko statistično distribucijo.

11.4.4.1.2.2 Stohastično ravnovesno obremenjevanje

Je najbolj napredno in najbolj realistično statično obremenjevanje.

Promet se razporedi tako, da vsak potnik **misli**, da si ne more več izboljšati generaliziranega stroška potovanja (neodvisno od ostalih potnikov).

11.4.4.2 Dinamično obremenjevanje

Pri dinamičnih metodah pa se bodisi povpraševanje bodisi ponudba ali oba spreminjata. Primer spreminjanja povpraševanja je praznjenje štadiona na koncu tekme. Povečane obremenitve se ne pojavijo takoj na celotnem omrežju, ampak se postopoma širijo v vse večjo oddaljenost od štadiona, po drugi strani pa se zaradi razprševanja zmanjšujejo. Primeri spreminjanja ponudbe pa so spreminjanje parametrov krmiljenja svetlobno signalnih naprav (dolžine faz, število faz, ...), spreminjanje števila voznih pasov itn.

Za modeliranje konic se priporoča uporaba stohastičnega ravnovesnega obremenjevanja, če se v konici ponudba ali povpraševanje bistveno spreminja pa dinamično obremenjevanje.

11.4.5 Način modeliranja gibanja vozil

11.4.5.1 Makroskopski model

S temi modeli izračunavamo potovalne čase po cestnem omrežju na podlagi makroskopske odvisnosti hitrosti prometnega toka od gostote. Zamude v križiščih pa se izračunavajo analitično v odvisnosti od pretokov, geometrije in vodenja v križiščih. Pri teh modelih se torej ne obravnavajo posamezna vozila, ampak se modelira prometni tok.

11.4.5.2 Mikroskopski simulacijski prometni model

11.4.5.2.1 Cestni promet

Pri mikroskopskih simulacijskih modelih cestnega prometa se podrobno modelira gibanje vsakega posameznega vozila. Mikroskopski model običajno vključuje naslednje modele:

- model sprejema vrzeli (*gap acceptance model*)
- model menjavanja pasov (*lane changing model*)
- model sledenja vozil (*car following model*)

Z mikroskopskimi modeli se lahko podrobno analizirajo vplivi različnega vodenja prometa (semaforji in ostala spremenljiva signalizacija, navigacijski sistemi itn.).

PROMETNE ŠTUDIJE

Ti modeli se največkrat uporabljajo za oceno cestnih omrežij v urbanem območju ali kjer je veliko konfliktov, ki jih je z makroskopskimi modeli težko analizirati (območja priključkov, prepletanj, kompleksna križanja). Uporabljajo se tudi za modeliranje učinkov raznih ukrepov upravljanja prometa (ITS), kompleksne analize prometne varnosti itd.

11.4.5.2 Železniški promet

Z mikroskopskimi simulacijskimi modeli železniškega prometa se podrobno modelira gibanje vsakega posameznega vlaka. Za mikroskopske simulacije je treba pridobiti podrobne podatke o infrastrukturi (tiri, kretnice, postaje, signali), voznih redih (prihod in odhod vsakega vlaka s postaje, minimalni čas postanka in povezava z ostalimi vlaki) in vozilih (tehnične značilnosti lokomotiv, vagonov in vlakovnih kompozicij). Med simulacijo vlaki vozijo po pred definiranih voznih redih, program pa preračunava njihovo gibanje z upoštevanjem omejitev infrastrukture in vozil.

Ti modeli se največkrat uporabljajo za oceno ustreznosti postajne infrastrukture in voznih redov.

Slabost mikroskopskih simulacijskih modelov je daljši čas, potreben za izdelavo modela in simulacijo.

11.4.5.3 Mezoskopski prometni model

Pri mezoskopskih simulacijah se še vedno modelira gibanje vsakega posameznega vozila, a bolj poenostavljeno. Primer take poenostavitve je bolj poenostavljen model sledenja vozil ali pa celo pristop, da se vsa vozila na nekem odseku gibljejo z enako hitrostjo, ki ustreza makroskopski odvisnosti med hitrostjo in pretokom.

Pogosto se pri takih simulacijah podatki o vozilih ne spreminjajo v fiksni časovni intervalih, ampak samo ob posebnih dogodkih.

S tem se dosežejo bistveno krajši časi, potrebni za simulacijo.

11.4.5.4 Hibridni model

Mikroskopske in mezoskopske simulacije se lahko kombinirajo v t. i. hibridno simulacijo. Območja, ki jih je treba modelirati podrobno, se označijo posebej. Ta posebej označena območja so simulirana mikroskopsko, ostala pa mezoskopsko.

Tako se lahko obdrži zelena natančnost na območjih, ki so posebno zanimiva, istočasno pa se precej skrajša čas simulacije.

11.5 Napoved

Napoved prometa se običajno izvede za več scenarijev prihodnjega povpraševanja in prihodnje ponudbe.

Preverjanje več scenarijev bodočega povpraševanja je seveda posebno pomembno pri uporabi modelov spremenljivega povpraševanja. V tem primeru se kot vhodni podatek za izračun povečane generacije potovanj uporabi napoved prihodnje namenske rabe prostora (ki jo dobimo od urbanistov oz. prostorskih načrtovalcev), prav tako pa običajno preverjamo več

PROMETNE ŠTUDIJE

scenarijev napovedi socio-ekonomskih značilnosti prebivalstva (rast dohodka, lastništva vozil, zaposlenosti).

V scenarijih različne prometne ponudbe pa se lahko poleg različnih infrastrukturnih ukrepov kombinirajo tudi različne ponudbe storitev javnega potniškega prometa in variante ukrepov prometne politike.

Za potrebe analize ekonomske učinkovitosti mora biti obvezno en scenarij, ki ne predvideva nobenih ukrepov (t. i. primerjalno omrežje).

Pri poenostavljenih metodah se običajno izvede napoved zgolj za en scenarij prometnega povpraševanja.