



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СПСТЕМ
МЕНАЏМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA

Departman za saobraćaj

**MODEL CILJANE (DIRIGOVANE) VIDOVNE RASPODELE
ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ**

Predloženo tehničko rešenje nastalo je iz istraživanja koje se obavlja u okviru sledećih projekata:

- Modeli integracije transportnog sistema (evidencijski broj 36024) koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije za period 2011–2014.
- Modeli održivog razvoja saobraćaja u Vojvodini koji finansira Pokrajinski sekretar za nauku i tehnološki razvoj AP Vojvodine za period 2011–2014.
- Uticaj globalnih izazova na planiranje saobraćaja i upravljanje saobraćajem u gradovima (evidencijski broj 36021) koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije za period 2011–2014.

Novi Sad 2015

Radni tim na izradi tehničkog rešenja:

Rukovodilac:

Dr Valentina Basarić, dipl. inž. saobraćaja
docent, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

Saradnici:

Dr Jadranka Jović, dipl. inž. saobraćaja
redovni profesor, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Vuk Bogdanović, dipl. inž. saobraćaja
vanredni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

Dr Nenad Ruškić, dipl. inž. saobraćaja
docent, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

Dr Milica Miličić, dipl. inž. saobraćaja
docent, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

MSc Jelena Mitrović Simić, dipl. inž. saobraćaja
asistent, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

1. Opis problema

U dosadašnjoj praksi planiranja saobraćaja u gradovima u Srbiji, a donedavno i u svetskoj praksi, glavna pažnja sveobuhvatnog postupka planiranja saobraćaja i korišćenja zemljišta bila je zasnovana na formalističkoj proceduri – razvoju i primeni modela. Iskustva sa primenom analitičkih metoda planiranja i upravljanja transportnim sistemom u većini gradova Srbije i bivše Jugoslavije datiraju s početka 1970-tih, kada su za potrebe izrade Generalnih urbanističkih planova gradova urađene Studije saobraćaja primenom računarske tehnologije i saobraćajnih modela (Vračarević, 2001).

Paketi programa i modeli koji su danas u upotrebi, dostigli su nezamislivu složenost i izuzetnu efikasnost. Međutim, njihova primena u slučaju da samo preslikavaju utvrđeno stanje putem formalnih procedura u budućnost, što je inače odlika većine studija rađenih u proteklom periodu, više ne odgovara savremenim zahtevima planiranja, odnosno upravljanja razvojem gradskog saobraćajnog sistema u skladu sa opštim principima održivog razvoja. Dugoročni planovi saobraćaja isključivo su bili vizija planera – urbanista i najčešće su sadržali planove razvoja mreže gradskih saobraćajnica u okviru generalnih planova gradova u skladu sa narastajućim zahtevima korišćenja individualnih sredstava prevoza.

Imajući u vidu evidentne probleme koji se danas ispoljavaju u gradovima Srbije i tendenciju njihovog daljeg porasta, već na prvi pogled očigledno je da se mora nešto učiniti sa smanjenjem korišćenja putničkog automobila. Za to postoje brojni razlozi: neracionalno korišćenje saobraćajnih površina, sve više prisutni zastoji i ogromni vremenski gubici svih učesnika u saobraćaju, velika specifična potrošnja neobnovljivih izvora energije, prekomerno aerozagadjenje i buka, veliki broj saobraćajnih nezgoda, degradacija životnog ambijenta itd. Najveća disproportcija između zahteva za putovanjem i ponude saobraćajnog sistema grada evidentna je u periodima vršnih opterećenja u kojima preko 65% učešća su putovanja svakodnevног karaktera. Izbor putničkog automobila za odlazak na posao, smatra se najneracionalnijim izborom vida prevoza za ovu svrhu putovanja. Pored iniciranja velikog broja zahteva u kraćim vremenski intervalima, parkiranje putničkog automobila na krajnjoj destinaciji generiše velike zahteve za prostorom i vremenom kojima je teško udovoljiti, a u užim gradskim centrima čak i nemoguće. Autori kao što su Beckx i ost. (2001) ukazuju da postoji značajna razlika u nivou emisije CO₂ između svakodnevnih putovanja i putovanja sa ostalim motivima.

Iako se od strane kompetentnih međunarodnih asocijacija i eminentnih stručnjaka sve češće čuju upozorenja da posledice globalnog zagrevanja i degradacije kvaliteta života u naseljima dobrim delom mogu da se ublaže smanjenjem korišćenja automobila u gradovima (Hickman i Banister, 2007, Banister, 2008, Tennoy, 2010), i na tome se uveliko radi u gradovima ujedinjene Evrope, u gradovima Srbije trendovi su suprotni; korišćenje automobila je sve intenzivnije.

Pristup održive mobilnosti zahteva implementaciju različitih aktivnosti u okviru razvojne politike grada i njegovog saobraćajnog sistema kojima se smanjuju potrebe za putovanjem, podstiče vidovna preraspodela, smanjuje dužina putovanja i podstiče veću efikasnost u saobraćajnom sistemu (Banister, 2008). U cilju dostizanja ciljeva održivosti implementira se niz različitih mera saobraćajne politike i politike korišćenja zemljišta. Tradicionalni pristup zadovajavanja zahteva za putovanjem putničkim automobilima daljom izgradnjom kapaciteta ulične mreže, zamenjen je pristupom koji podrazumeva upravljanje zahtevima za putovanjem (Nozick i ost., 1998, Sundo i Fujii, 2005) i veće korišćenje javnog prevoza i ostalih vidova prevoza prihvatljivih za životno okruženje.

Postojeći izvori ukazuju na veliki broj različitih instrumenata, njihovu sinergiju, kao i preporuka za razvoj strategija održivog saobraćajnog sistema. Kako i na koji način primena pojedinih instrumenata ima uticaja na potražnju za putovanjima različitim vidovima prevoza i smanjenje negativnih efekata saobraćaja na životnu sredinu i društveni zajednicu, predmet je dugogodišnjih istraživanja. Autori kao što su Kelly i Clinch (2006), ukazuju na vezu koja postoji između dostupnosti parking mesta, cene i izbora vida prevoza za različite svrhe putovanja. Na smanjivanje potražnje za putovanjima, naročito u periodima vršnih opterećenja, pokazalo se da značajnog uticaja imaju i mere kao što su putarina, troškovi, frekvencija i nivo usluge u javnom prevozu. Pored primene različitih regulativnih i ekonomskih mera za koje se pokazalo da imaju velikog uticaja na smanjenje korišćenja automobila, implementacija takozvanih mekih mera u poslednjoj deceniji dobija sve više na značaju.

Međutim, veoma retko, implementacija samo jedne mere može rešiti sve probleme sa kojima se grad suočava. Čak i suprotno zacrtanim ciljevima, primena mera kao što su mere u oblasti politike parkiranja, ukoliko se nedovoljno sagledaju zahtevi različitih struktura korisnika, može imati i negativne efekte kao što je smanjenje atraktivnosti i ekonomske efikasnosti dela grada u kojem se primenjuje (Ryu i ost., 2008, Vračarević i Basarić, 2007).

Dostizanje ciljeva održivosti grada i njegovog saobraćajnog sistema moguće je jedino ukoliko strategija uključuje kombinaciju različitih instrumenata saobraćajne politike gradova u skladu sa zahtevima različitih struktura korisnika i specifičnošću uslova i problema datog gradskog okruženja (Vieria i ost., 2007, Hickman i Banister, 2007).

Pojedinačna implementacija pojedinih instrumenata karakteristična je za gradove Srbije u poslednje dve decenije. U pokušaju da problem reše, gradske vlasti uvode mere naplate ili zabrane parkiranja, ponegde izvrše neku rekonstrukciju ili izgrade deo nove saobraćajnice, ali očekivani rezultati uglavnom izostaju.

Osnovni cilj izrade tehničkog rešenja je da na osnovu statističkih podataka određenih gradova EU koji su se već susreli sa problemom prekomernog korišćenja automobila, kao i na osnovu brojnih istraživanja u oblasti upravljanja saobraćajnom potražnjom, definiše model koji omogućuje upravljanje odnosima korišćenja putničkog automobila i javnog prevoza instrumentima gradske saobraćajne politike, kao što su: redukcija parking prostora u centru, povećanje troškova parkiranja, poboljšanje sistema javnog prevoza, smanjenje cene karte u javnom prevozu i sl.

Model je originalno nazvan **modelom ciljane (dirigovane) vidovne raspodele** i razvijen je primenom višestruke regresione analize u koracima (Basarić, 2010, Basarić i Jović, 2011). Statistički su dobijeni veoma povoljni rezultati, a zatim je model testiran na primeru Novog Sada u kome živi oko 250.000 stanovnika. Zaključak je da dobijeni rezultati mogu biti primenjivi u praksi, što će se proveriti tokom naredne faze izrade Transportnog modela Novog Sada –NOSTRAM.

2. Metodologija istraživanja I formiranja modela

Formiranje matematičkog oblika modela raspodele putovanja na vidove prevoza započeto je prikupljanjem različitih socio-ekonomskih podataka i karakteristika ponude saobraćajnog sistema za koje je prepostavljen uticaj na izbor vida prevoza, uz analizu učešća pojedinih vidova prevoza u raspodeli putovanja. Podaci su prikupljeni za približno 150 gradova Evrope, veličine od 50.000 do 1.500.000 stanovnika.

Socio-ekonomske karakteristike i karakteristike ponude saobraćajnog sistema

definisane su kao nezavisno promenljive, odnosno ulazne veličine za formiranje modela. Prikupljeni su podaci za osamnaest različitih pokazatelja svrstanih u dve kategorije:

1. Reprezentati potražnje
2. Reprezentati saobraćajne ponude.

Kao moguća zavisno promenljiva u modelu pretpostavljene su verovatnoće učešća pojedinih načina putovanja u vidovnoj raspodeli (javni prevoz, putnički automobil, bicikl, motocikl i pešačenje). Verovatnoće su izvedene transformacijom vrednosti učešća pojedinih vidova prevoza u ukupnoj raspodeli putovanja analiziranih gradskih sistema.

Verovatnoća odnosa javnog prevoza i automobila, kao dodatno izvedena veličina, testirana je kao moguća varijanta zavisno promenljive u matematičkom modelu (Tabela 1).

Tabela 1: Pretpostavljene zavisno promenljive

Oznaka	Naziv promenljive
$y_1 = p_{jp} / p_{pa}$	Odnos verovatnoća korišćenja javnog prevoza i putničkog automobila
$y_2 = p_{pa}$	Verovatnoća korišćenja putničkog automobila
$y_3 = p_{jp}$	Verovatnoća korišćenja javnog prevoza
$y_4 = p_{peš}$	Verovatnoća pešačenja
$y_5 = p_{bic}$	Verovatnoća korišćenja bicikla
$y_6 = p_{mot}$	Verovatnoća korišćenja motocikla

Analizirana je korelacija između promenljivih, nakon čega su izdvojeni gradovi i promenljive značajne za formiranje matematičkog oblika modela ciljane vidovne raspodele.

Formiranje modela zasnovano je na utvrđivanju matematičke formulacije zavisnosti između ulaznih, odnosno nezavisnih promenljivih (karakteristike ponude saobraćajnog sistema i socio-ekonomske karakteristike korisnika sistema) i izlazne, odnosno zavisne promenljive (y). Faze postupka izrade modela, od postupka izbora informacione osnove u skladu sa postavljenim ciljevima, preko postupka izrade, statističke i logičke provere valjanosti modela, do njegove primene na konkretnom primeru, prikazane su dijagramom toka (Slika 1).

Pretpostavljen je opšti oblik višestrukog linearne regresionog modela:

$$y = \alpha_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \epsilon'$$

gde su: y – vrednost zavisne promenljive – verovatnoća korišćenja pojedinih vidova prevoza ili odnos verovatnoće korišćenja javnog prevoza i putničkog automobila;

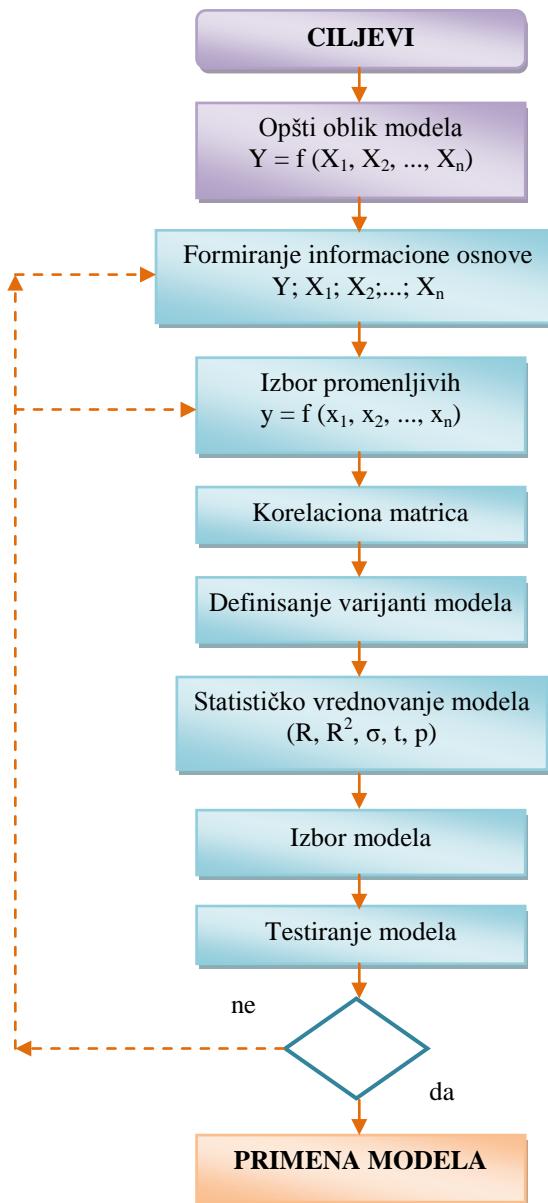
x_1, \dots, x_n – vrednosti nezavisne (objašnjavajuće) promenljive.

Slučajna greška ϵ predstavlja stohastički deo modela i nastaje kao rezultat delovanja faktora koji nisu uključeni u model. Pretpostavlja se da su ϵ_i identično raspoređene nezavisne slučajne veličine koje imaju $N(\mu, \sigma^2)$.

Veličine $\alpha_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ su nepoznati parametri regresije koji predstavljaju individualni

uticaj pojedinih promenljivih na zavisnu promenljivu. Da bi se odredio relativni uticaj pojedinih nezavisnih promenljivih na zavisnu promenljivu, izračunate su vrednosti t-testa, parcijalne korelacije i beta koeficijenti ($\beta_i^* = \beta_i S_{xi} / S_y$; S_{xi} , S_y –standardne devijacije x_i i y).

Osim statističkih testova, izvršene su provere logičnosti i opravdanosti uspostavljenih zakonitosti, uz analizu mogućnosti primene i testiranja u realnim uslovima.



Slika 1: Dijagram tokova izrade modela

U poslednjem koraku, izvršen je izbor konačnog oblika modela, čija je valjanost testirana na primeru potražanje za putovanjima u gradu od 250.000 stanovnika (Novom Sadu), poređenjem modelskih i snimljenih vrednosti zavisno promenljive y. Kao ulazni podaci za testiranje modela, poslužili su podaci iz Transportnog modela Novog Sada. Testiranje modela izvršeno je za period jutarnjeg vršnog sata (od 7^h do 8^h), kada su i problemi u funkcionisanju saobraćajnog sistema najizraženiji.

3. Izbor relevantnih promenljivih u modelu

Analizom dostupnih baza podataka, najveće sličnosti u zahtevima za putovanjem uočene su među gradovima veličine do 500.000 stanovnika. Od 150 posmatranih gradova odabранo je 28¹ gradova (41 posmatranje u dva vremenska preseka – 2001. i 2004. godina) za koje je bilo moguće objediniti sve podatke potrebne za formiranje i analizu predpostavljenog modela. Za te gradove analizom korelace matrice, od 18 nezavisnih promenljivih izdvojeno je devet promenljivih sa najjačim uticajem na izbor načina putovanja (Tabela 2).

Tabela 2: Nezavisne promenljive izdvojene za formiranje modela

Oznaka	Naziv promenljive
x ₄	Stepen motorizacije [broj putničkih automobila/1000stananovnika]
x ₅	BDP po stanovniku [€]
x ₆	Odnos cene mesečne karte u javnom prevozu i BDP po stanovniku
x ₇	Odnos cene jednog sata parkiranja i BDP po stanovniku
x ₈	Prosečno vreme putovanja [min]
x ₉	Dužina mreže javnog prevoza [km/1000 stanovnika]
x ₁₀	Gustina mreže javnog prevoza [km/km ²]
x ₁₁	Broj autobusa javnog prevoza (ili ekvivalent) koji saobraća na 1000 stanovnika [broj vozila/1000 stanovnika]
x ₁₄	Učešće spoljnih migranata u ukupnom broju zaposlenih – izvorna putovanja [%]

Izdvojene promenljive imaju najjači uticaj na izbor putničkog automobila i javnog prevoza u gradovima. Posledično, odnos verovatnoća korišćenja javnog prevoza i automobila izdvojen je kao zavisno promenljiva u matematičkom obliku modela raspodele putovanja na vidove prevoza.

Analizom korelace matrice, uočeno je nekoliko zakonitosti:

- Najznačajnija korelacija postoji između odnosa verovatnoća korišćenja javnog prevoza i automobila sa jedne strane i bruto domaćeg proizvoda, cene karte u javnom prevozu, cene parkiranja, vremena putovanja i broja autobusa koji saobraća na hiljadu stanovnika sa druge strane jednakosti. Porastom cene parkiranja i broja autobusa koji saobraća na 1.000 stanovnika grada, povećava se verovatnoća korišćenja javnog prevoza. Suprotno tome, povećavanjem cene karte u javnom prevozu (u odnosu na BDP) korišćenje javnog prevoza se smanjuje na račun većeg korišćenja putničkog automobila.
- Slabija korelacija izdvojene zavisno promenljive, ali ipak dovoljno pouzdana, uočava se u odnosu na stepen motorizacije i učešće spoljnih migranata – izvorna putovanja. Sa povećavanjem broja registrovanih putničkih automobila, javni prevoz se manje koristi u cilju realizacije putovanja. Isti smer zakonitosti

¹Tartu 2004, Koblenz 2004, Göttingen 2004, Linköping 2004, Darmstadt 2001, Darmstadt 2004, Braga 2004, Almere 2004, Odense 2004, Erfurt 2004, Freiburg im Breisgau 2001, Freiburg im Breisgau 2004, Magdeburg 2001, Magdeburg 2004, Kiel 2001, Kiel 2004, Košice 2001, Košice 2004, Augsburg 2001, Augsburg 2004, Mönchengladbach 2001, Mönchengladbach 2004, Malmö 2004, Wiesbaden 2001, Wiesbaden 2004, Karlsruhe 2001, Karlsruhe 2004, Aarhus 2004, Bonn 2004, Bielefeld 2001, Bielefeld 2004, Wuppertal 2004, Bochum 2001, Bochum 2004, Tallinn 2004, Bratislava 2004, Dresden 2004, Nürnberg 2001, Nürnberg 2004, Leipzig 2001, Leipzig 2004

- uočava se i u odnosu na povećanje učešća spoljnih putovanja u ukupnim dnevnim kretanjima koja se pojavljuju na gradskom području.
- Značajna pozitivna korelacija koja se uočava samo u odnosu na verovatnoću korišćenja javnog prevoza, razlog su izdvajanja dužine i gustine mreže kao mogućih nezavisno promenljivih u matematičkom modelu raspodele putovanja na vidove prevoza.

4. Model ciljane (dirigovane) vidovne raspodele

Regresiona analiza u koracima je poslužila za formiranje i izbor konačnog oblika modela. Postojanje čvrste međusobne korelacije između pojedinih nezavisnih promenljivih uslovilo je formiranje modela kroz nekoliko kombinacija promenljivih (Tabela 3). U svim varijantama zavisno promenljiva y je odnos verovatnoća korišćenja javnog prevoza p_{jp} i putničkog automobila p_{pa} : ($y = \frac{p_{jp}}{p_{pa}}$).

Tabela 3: Varijante formiranja modela primenom regresione analize u koracima

Modelovane nezavisno promenljive

Varijanta I	X ₄ , X ₅ , X ₆ , X ₇ , X ₈ , X ₉ , X ₁₀ , X ₁₁ , X ₁₄
Varijanta II	X ₅ , X ₆ , X ₇ , X ₈ , X ₉ , X ₁₀ , X ₁₁ , X ₁₄
Varijanta III	X ₅ , X ₆ , X ₇ , X ₉ , X ₁₀ , X ₁₁ , X ₁₄
Varijanta IV	X ₆ , X ₇ , X ₉ , X ₁₀ , X ₁₁ , X ₁₄

U prvoj varijanti formiranja modela uključeno je svih devet izdvojenih nezavisno promenljivih.

Analiziranjem rezultata regresije i ponovnim uvidom u korelacionu matricu, konstatovano je da je velika korelacija između broja autobusa koji saobraća na 1.000 stanovnika grada i prosečnog vremena putovanja, rezultirala isključivanjem broja autobusa kao nezavisno promenljive koja figuriše u modelima.

Tabela 4: Nezavisno promenljive veličine u izabranom modelu i osnovni statistički podaci

Nezavisne veličine	Koeficijent	t	p
Slobodni član	0.645	1.986	0.055931
Broj autobusa (ili ekvivalent) koji saobraća na 1000 stanovnika (br.vozila/1000 stanovnika)	0.738	4.3497	0.000137
Odnos cene 1h parkiranja i BDP po stanovniku	3503.897	2.2094	0.03467
Odnos cene mesečne karte u javnom prevozu i BDP po stanovniku	-477.64	-4.3002	0.000158
Gustina mreže javnog prevoza (km/km²)	0.086	2.31379	0.027478
Učešće spoljnih migranata u ukupnom broju zaposlenih – izvorna putovanja (%)	-0.019	-1.6945	0.100196
Adjusted R-square		0.8857	
N (veličina uzorka ili broj posmatranja)		41	

Značajnost promenljive – broj autobusa koji saobraća na 1.000 stanovnika kao pokazatelja kvaliteta javnog prevoza i instrumenta saobraćajne politike kojim se može oblikovati potražnja za putovanjem, uticala je na to da se vreme putovanja isključi iz krajnjih varijanti formiranja modela. U poslednjoj varijanti kombinovanja nezavisno promenljivih (Varijanta IV), isključena je i vrednost BDP-a s obzirom na to da su cena parkiranja i mesečne karte u javnom prevozu već izražene u odnosu na vrednost BDP-a.

Uvidom u statističke rezultate dobijenih modela, zaključeno je da poslednja tri modela u *Varijanti IV* sa vrednostima $R > 0,8$, dobro reprezentuju empirijske podatke. S obzirom da poslednji model *Varijante IV* (Tabela 4) ima najveći stepen korelacije i najmanju grešku ocene, izabran je za dalju primenu na konkretnom primeru. Drugi i možda važniji razlog izbora konačnog oblika modela su uključene nezavisno promenljive (osim učešća spoljnih migracija) ključne za oblikovanje saobraćajne politike i dalje vrednovanja efekata primene.

5. Rezultati testiranja modela na praktičnom primeru

Validnost modela je testirana na gradu od 250.000 stanovnika (Novi Sad). Ulazni podaci su snimljeni i postoje kao baza podataka u transportnom modelu grada.

Analizom podataka iz matrice putovanja putničkim automobilom u postojećem stanju dobijen je podatak da se u periodu jutarnjeg vršnog sata (7 – 8 h) obavi ukupno, ka svim zonama i za sve svrhe putovanja, 17.241 putovanja putničkim automobilom i 14.264 javnim prevozom. Približno 45% ukupnog broja motorizovanih putovanja u jutarnjem vršnom satu obavi se vozilima javnog prevoza i 55% putničkim automobilom. Izračunata je empirijska vrednost odnosa verovatnoća korišćenja javnog prevoza i putničkog automobila koja iznosi 0,8273.

Dobijen odnos verovatnoća korišćenja javnog prevoza i putničkog automobila za sva putovanja u toku jutarnjeg vršnog sata, nakon uvršćivanja definisanih nezavisno promenljivih u regresionu jednačinu iznosio 0,77045. Od ukupnog broja motorizovanih putovanja koja se pojavljuju na uličnoj mreži Novog Sada sa krajnjim ciljem u svim zonama, prema rezultatima modela, javnim prevozom se obavi 43,52% i putničkim automobilom 56,48% putovanja (Tabela 5).

Tabela 5: Poređenje rezultata primene modela na putovanja ka svim zonama

Zavisna promenljiva	$y = p_{JP} / p_{PA}$	Učešće putničkog automobila (%)	Učešće javnog prevoza (%)
Rezultat dobijen modelom	0,77	56,5	43,52
Empirijski rezultat (Scenario 1)	0,8273	55	45

Poređenjem modelskih i emirijskih vrednosti odnosa verovatnoća korišćenja javnog prevoza i putničkog automobila u ukupnoj raspodeli motorizovanih putovanja, zaključeno je da primjenjeni model sa dovoljno pouzdanosti simulira realno stanje.

Izdvajanjem iz matrice samo putovanja koja imaju krajnje odredište u centralnoj gradskoj zoni, uočeno je veće korišćenje javnog prevoza u odnosu prosek svih putovanja koja se pojavljuju na teritoriji grada. Korišćenje javnog prevoza i putničkog automobila je na istom nivou (50%) u raspodeli motorizovanih putovanja. Može se zaključiti da je manje korišćenje automobila delom pozitivna posledica postojeće politike parkiranja. Pored ograničenja dužine zadržavanja na parkiralištima u centru grada, naplata za korišćenje parking mesta dodatno opterećuje troškove svakodnevnih putovanja karakterističnih za periode vršnih opterećenja. Od ukupnog broja putovanja u jutarnjem vršnom satu koja krajnji cilj imaju u centru grada, putničkim automobilom se obavi 4.910 putovanja, a autobusom javnog gradskog prevoza 4.970. Odnos verovatnoća korišćenja javnog prevoza i putničkog automobila iznosi 1,01222.

Primena modela na putovanja koja krajnje odredište imaju u centralnoj gradskoj zoni, rezultirala je odnosom verovatnoća (Tabela 6) korišćenja javnog prevoza i automobila od 0,81 (55,303% putnički automobil i 44,697% javni prevoz).

Tabela 6: Poređenje rezultata primene modela na putovanja sa ciljem u centralnom distriktu

Zavisna promenljiva	$y = p_{JP} / p_{PA}$	Učešće putničkog automobila (%)	Učešće javnog prevoza (%)
Rezultat dobijen modelom	0,81	55,303	44,697
Empirijski rezultat (Scenario 1)	1,0122	49,694	50,3

Vrednosti nezavisno promenljivih u modelu su empirijske veličine iz perioda početkom 2009. godine, kada su i rađena saobraćajna istraživanja za potrebe izrade saobraćajne studije Novog Sada NOSTRAM. Cena mesečne karte u javnom prevozu, kao i cena parkiranja izražene su u evrima (€) po tadašnjem srednjem kursu:

- Cena mesečne karte za vozilo javnog prevoza 15,84 (€)
- Cena jednog sata parkiranja 0,2128 (€)

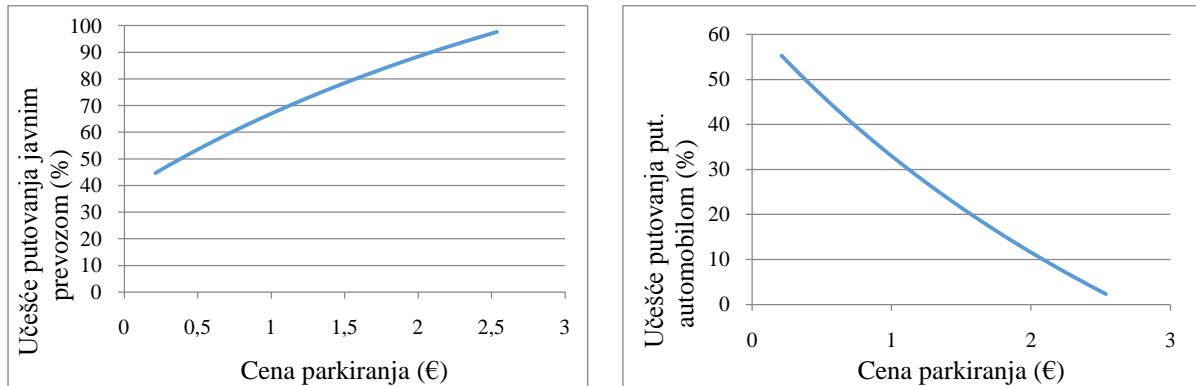
BDP prema standardu kupovne moći (PPS) na osnovi statističke baze podataka Evropske Unije EUROSTAT, iznosi je za Srbiju 36% prosečnog bruto proizvoda po glavi stanovnika Unije (EU27). Prema istoj bazi podataka, vrednost BDP-a za Novi Sad je veća u odnosu na prosek Srbije i na kraju 2008. godine je iznosila 44,3% proseka zemalja Evropske unije. Na osnovu ovih podataka, izračunata je približna vrednost BDP-a od 11.030,7 (€) za grad Novi Sad koja je korišćena kao nezavisna veličina u primjenjenom matematičkom modelu.

Broj autobusa na 1.000 stanovnika i gustina mreže javnog prevoza na teritoriji grada, izračunati su na osnovu podataka o statičkim i dinamičkim parametrima linija iz baze podataka operatera na teritoriji grada (JGSP Novi Sad).

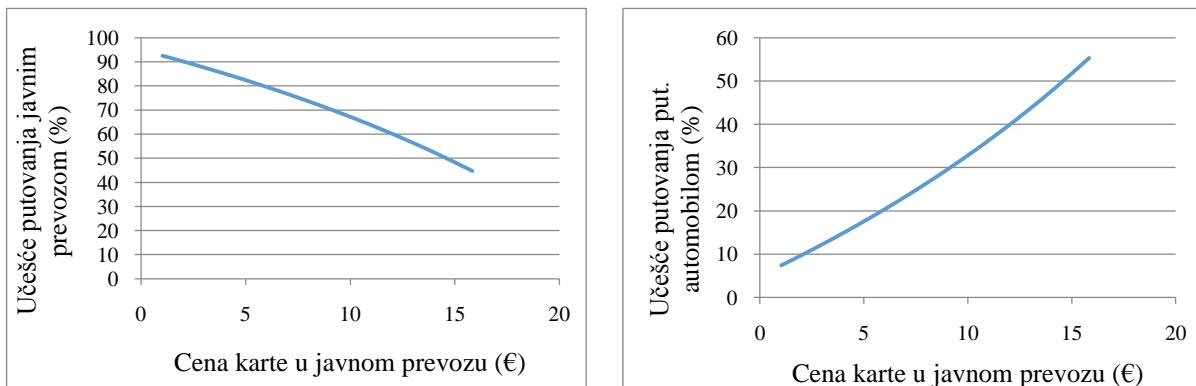
- Gustina mreže javnog prevoza = 4,1 (km/km²)
- Broj autobusa (ekvivalent) = 0,53 (vozila/1.000 stanovnika)

Usled malog broja spoljnih – izvornih putovanja koja se obave u jutarnjem vršnom satu i modelski utvrđenog slabijeg uticaja na izbor vida prevoza, pretpostavljeno je prilikom primene modela da nema izvornih putovanja. Drugi, bitniji razlog zanemarivanja učešća izvornih putovanja kao promenljive u modelovanju potražnje je primena rezultata modela na izdvojeni deo matrice putovanja koja krajnji cilj imaju u centralnoj zoni grada.

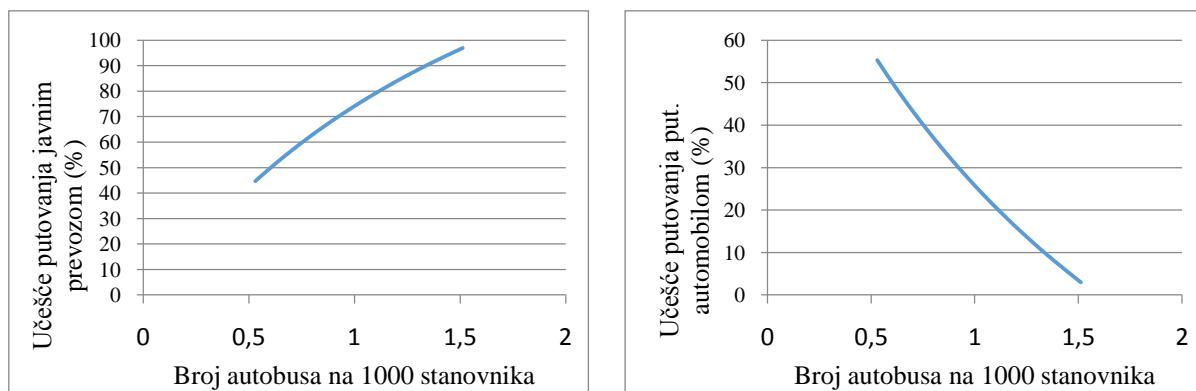
Dobijeni rezultati primene modela raspodele putovanja na vidove prevoza, poslužili su za formiranje diverzionalih krivih za putovanja usmerena samo ka centralnom delu Novog Sada.



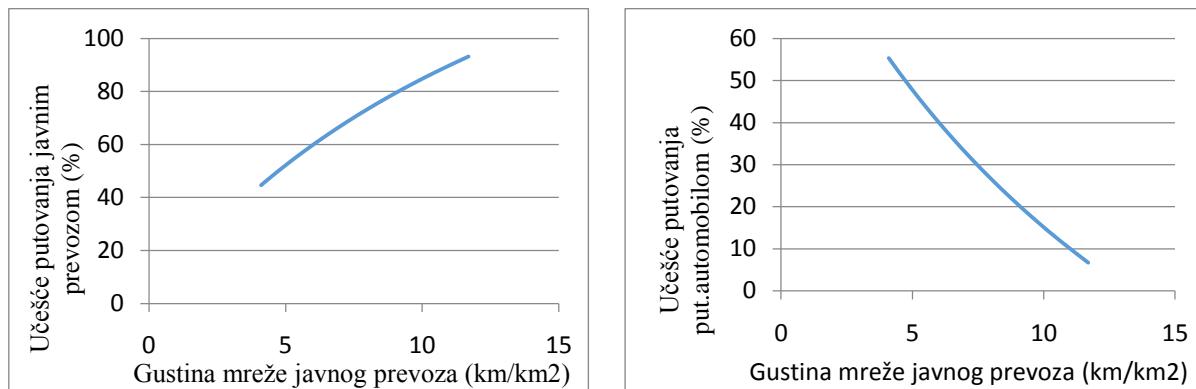
Slika 2: Učešće javnog prevoza i putničkog automobila u funkciji cene parkiranja



Slika 3: Učešće javnog prevoza i putničkog automobila u funkciji cene karte u javnom prevozu



Slika 4: Učešće javnog prevoza i putničkog automobila u funkciji broja autobusa



Slika 5: Učešće javnog prevoza i putničkog automobila u funkciji gustine mreže javnog prevoza

Diverzne krive na slikama 2, 3, 4 i 5 prikazuju učešće javnog prevoza i putničkog automobila u putovanjima usmerenim ka zoni naplate parkiranja, u odnosu na promenu svake pojedinačne nezavisno promenljive. Prepostavka je da ostale promenljive imaju konstantnu vrednost.

6. Zaključak

Postojanje značajne korelacije između pokazatelja ponude saobraćajnog sistema i odluke korisnika prilikom izbora načina putovanja, omogućilo je formiranje matematičkog modela koji u svom krajnjem obliku kao ulazne veličine od kojih zavisi odnos korišćenja javnog prevoza i automobila, uključuje instrumente saobraćajne politike kao što je cena parkiranja, cena karte u javnom prevozu, kao i pojedine pokazatelje pristupačnosti javnog prevoza.

Ograničenje u primeni modela odnosi se na granicu primene pojedinih instrumenata saobraćajne politike koji kao nezavisno promenljive figurišu u modelu, posebno na cenu parkiranja. Povećanje cene parkiranja ukoliko nije propraćeno povećanjem prevoznih kapaciteta i podizanjem kvaliteta usluge javnog prevoza putnika, osim što može biti shvaćeno kao atak na korišćenje automobila, ima za posledicu smanjenje pristupačnosti gradskim podcelinama i posledično, opadanje atraktivnosti i ekonomski efikasnosti grada. Povećanje cene parkiranja neminovno dovodi do smanjenja broja korisnika parkirališta i do većih ulaganja u infrastrukturu sistema javnog prevoza.

Navedeno ograničenje upućuje i na smernice daljeg unapređenja formiranog modela raspodele putovanja na vidove prevoza. U skladu sa zahtevima konkretnog gradskog okruženja, strukturi korisnika sistema (struktura zahteva u vršnom ili izvan vršnog opterećenja), neophodno je definisati graničnu tačku povećanja cene parkiranja kao granične mere uspostavljanja održive raspodele na javni prevoz i putnički automobil.

Istraživanja je takođe potrebno usmeriti i na istraživanje uticaja primenjenih instrumenata na odnos motorizovanih i nemotorizovanih putovanja, kao i na istraživanje i eventualno uključivanje drugih instrumenata koji direktno ne spadaju u oblast saobraćajne politike, kao što su tehnološke inovacije i instrumenti iz oblasti politike korišćenja zemljišta.

7. Literatura

1. Banister, D., 2008. The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15, 73-30.
2. Basarić, V., 2010. Model upravljanja raspodelom putovanja na vidove prevoza u funkciji održivog razvoja, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.
3. Basarić V., Jović J. 2011. Target Modal Split Model. *TRANSPORT*, vol. 26 br. 4, str. 418-424
4. Beckx, C., Int Panis, L., Janssens, D., Wets, G., 2010. Applying activity-travel data for the assessment of vehicle exhaust emissions: Application of a GPS-enhanced data collection tool. *Transportation Research, Part D* 15, 117-122.
5. Hickman, R., Banister, D., 2007. Looking over the horizon: transport and reduced CO₂ emissions in the UK by 2030. *Transport Policy*, 14, 377-387.
6. JP "Urbanizam" Zavod za urbanizam Novi Sad, 2009. Saobraćajna studija grada Novog Sada sa dinamikom uređenja saobraćaja – NOSTRAM. Novi Sad. Dostupno: <http://www.nsurbanizam.rs>
7. Kelly, J.A., Clinch, J.P., 2006. Influence of varied parking tariffs on parking occupancy levels by trip purpose. *Transport Policy*, 13(6), 487-495.
8. Nozick, L.K., Borderas, H., Meyburg, A.H., 1998. Evaluation of travel demand measures and programs: a data envelopment analysis approach. *Transportation Research, Part A*, 32(5), 331-343.
9. Rye, T., Hunton, K., Ison, S., Kocak, N., 2008. The role of market research and consultation in developing parking policy. *Transport Policy*, 15, 387-394.
10. Sundo, M.B., Fujii, S., 2005. The effects of a compressed working week on commuters` daily activity patterns. *Transportation Research, Part A*, 39, 835-848.
11. Tennoy, A., 2010. Why we fail to reduce urban road traffic volumes: Does it matter how planners frame the problem? *Transport Policy*, 17, 216-223.
12. Vieira, J., Moura, F., Viegas, J.M., 2007. Transport policy and environmental impacts: The importance of multi-instrumentality in policy integration. *Transport Policy*, 14, 421-432.
13. Vraćarević, R., 2001. Osnove planiranja saobraćaja. Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.
14. Vraćarević, R., Basarić, V., 2007. Uticaj naplate parkiranja na vidovnu raspodelu radnih putovanja. *TEHNIKA 3, SAOBRAĆAJ* 54, 21-26.



Наш број:

Ваш број:

Датум: 2015-11-26

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 3. редовној седници одржаној дана 28.10.2015. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 13.3.3: У циљу верификације новог техничког решења предлажу се рецензенти:

- Др Гордан Стојић, ванред. проф. ФТН
- Др Владимир Ђорић, доцент, Саобраћајни факултет Београд

МОДЕЛ ЦИЉАНЕ (ДИРИГОВАНЕ) ВИДОВНЕ РАСПОДЕЛЕ

Аутори: Валентина Басарић, Јадранка Јовић, Вук Богдановић, Ненад Рушкић, Милица Миличић, Јелена Митровић Симић

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Ђимић, дипл. правник

Тачност података оверава:

Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан



Проф. др Раде Дорословачки

На основу увида у текст техничког решења под називом:

МОДЕЛ ЦИЉАНЕ (ДИРИГОВАНЕ) ВИДОВНЕ РАСПОДЕЛЕ

које су урадили наставници и сарадници Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду и Саобраћајног факултета Универзитета у Београду (руководилац предложеног техничког решења је др Валентина Басарић, доцент) а које је настало на основу истраживања обављених у оквиру пројеката *Модели интеграције транспортног система* (евиденциони број 36024) и *Утицај глобалних изазова на планирање саобраћаја и управљање саобраћајем у градовима* (евиденциони број 36021) које финансира Министарство просвете и науке Републике Србије за период 2011–2014. године, и пројекта *Модели одрживог развоја саобраћаја у Војводини* којег финансира Покрајински секретаријат за науку и технолошки развој АП Војводине за период 2011–2014. године. На основу увида у техничко решење следи

РЕЦЕНЗИЈА

Аутори техничког решења, у првом поглављу **Опис проблема** јасно истичу стратешки оквир развоја одрживог саобраћајног система истовремено указујући на неопходност примене нове методологије планирања саобраћаја у градовима заснованој на управљању саобраћајном потражњом. Указано је на значај примене саобраћајних модела, постављајући њихову примену у центар свеобухватног поступка планирања саобраћаја и коришћења земљишта. Истовремено, аутори указују на основни недостатак досадашње примене модела од којих у суштини и зависи валидност предложених решења – пресликавање утврђеног стања путем формалних процедура у будућност.

У другом поглављу **Методологија истраживања и формирања модела** аутори описују: фазе истраживања, начин прикупљања и обраде података, поступак избора променљивих у моделу, као и математички апарат који је у даљим фазама послужио за формирање модела циљане видовне расподеле. Подаци су прикупљени за приближно 150 градова Европе, величине од 50.000 до 1.500.000 становника. Као зависно променљива у моделу, претпостављене су вероватноће коришћења појединих видова превоза и њихови међусобни односи.

Треће поглавље под називом **Избор релевантних променљивих у моделу** садржи образложение избора величина које као променљиве фигуришу у моделу. Од укупно 18, издвојено је 9 социо-економских карактеристика и карактеристика понуде саобраћајног система које као улазне величине фигуришу у моделу. Анализом утицаја издвојених независно променљивих на вероватноћу коришћења појединих видова превоза, првенствено на коришћење путничког аутомобила, највеће сличности у захтевима за путовањем уочене су међу градовима величине до 500.000 становника.

Четврто поглавље **Модел циљане (дириговане) видовне расподеле** описује поступак формирања модела применом регресионе анализе у корацима. Аутори јасно образложу статистичким и логичким проверама, коначан избор модела циљане видовне расподеле.

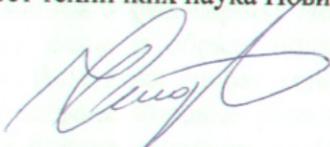
Развијање модела текло је кроз неколико истраживачких фаза. Коначна верификација модела извршена је његовом применом на конкретном примеру саобраћајног система града Новог Сада. Резултати ове последње и врло значајне фазе верификације модела, приказани су у оквиру петог поглавља **Резултати тестирања модела на практичном примеру** Поређењем моделских и емпиријских вредности односа вероватноћа коришћења моторизованих видова у Новом Саду аутори су потврдили могућност примене модела у практичним условима.

Закључна разматрања, као и правци даљег унапређења модела приказани су у последњем, шестом поглављу.

Сматрам на основу изнетог, да модел изнет у предложеном техничком решењу под називом *Модел циљане (дириговане) видовне расподеле* представља јединствен, значајан допринос науци и пракси планирања саобраћаја и истовремено предлажем да на основу одредаба Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача буде прихваћен као *техничко решење* категорије M81.

У Новом Саду, 16.10.2015. године,

Др Гордан Стојић,
Факултет техничких наука Нови Сад



На основу увида у текст техничког решења под називом:

МОДЕЛ ЦИЉАНЕ (ДИРИГОВАНЕ) ВИДОВНЕ РАСПОДЕЛЕ

које су урадили наставници и сарадници Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду и Саобраћајног факултета Универзитета у Београду (руководилац предложеног техничког решења је др Валентина Басарић, доцент) а које је настало на основу истраживања обављених у оквиру пројекта *Модели интеграције транспортног система* (евиденциони број 36024) и *Утицај глобалних изазова на планирање саобраћаја и управљање саобраћајем у градовима* (евиденциони број 36021) које финансира Министарство просвете и науке Републике Србије за период 2011–2014. године, и пројекта *Модели одрживог развоја саобраћаја у Војводини* којег финансира Покрајински секретаријат за науку и технолошки развој АП Војводине за период 2011–2014. године. На основу увида у техничко решење следи

РЕЦЕНЗИЈА

У првом поглављу **Опис проблема** аутори су посматрајући трендове у области саобраћаја, јасно приказали позитивне и негативне ефекте развоја саобраћаја и досадашње саобраћајне политике у градовима Србије. Извршена је критичка анализа класичне процедуре примене модела саобраћајне потражње и избора мера саобраћајне политике. Управљање потражњом за путовањима различитим видовима превоза и смањивање зависности од коришћења аутомобила у обављању градских путовања, истакнути су као кључ одрживог развоја саобраћајног система.

У другом поглављу под називом **Методологија истраживања и формирања модела** аутори детаљно описују поступак формирања модела циљане (дириговане) видовне расподеле, поступак статистичке и логичке провере ваљаности модела.

У трећем поглављу предложеног техничког решења под називом **Избор релевантних променљивих у моделу** аутори су приказали и образложили поступак избора променљивих које као независне величине фигуришу у моделу. Констатовано је да највећи утицај на избор вида превоза имају крајњи кориснички трошкови путовања односно трошкови које корисник плаћа „из ћепа“ – у овом случају трошкови паркирања и карте у возилу јавног превоза. Трошкови путовања су и од стране многих других аутора идентификовани као најзначајнији фактори, али не и једини.

Развијање математичког модела циљане (дириговане) видовне расподеле текло је кроз неколико истраживачких фаза приказаних у четвртом поглављу **Модел циљане (дириговане) видовне расподеле**. Применом регресионе анализе у корацима формиран је низ математичких модела кроз неколико варијанти комбинација независно променљивих. Крајњи облик модела детаљно је описан уз приказ свих статистичких оцена ваљаности. Значај изабраног модела огледа се у могућности моделовања потражњом за путовањима јавним превозом и аутомобилом у функцији цене паркирања, цене карте у јавном градском превозу и параметара квалитета услуге градског превоза.

Пето поглавље **Резултати тестирања модела на практичном примеру** садржи крајњу фазу тестирања усвојеног модела расподеле вероватноћа коришћења јавног превоза и путничког аутомобила на примеру саобраћајног система Новог Сада. Поређењем моделских и емпириских вредности односа вероватноћа, закључено је да изабрани модел циљане видовне расподеле са доволњом поузданошћу симулира реално стање.

У крајњем, **шестом поглављу**, аутори техничког решења осим закључних разматрања износе и ограничења практичне примене модела, дефинишући истовремене даље правце истраживања у овој ужој научној области.

На основу изложеног, мишљења сам да се овако развијени математички модел саобраћајне потражње у предложеном техничком решењу под називом **Модел циљане (дириговане) видовне расподеле** може сматрати врло значајним и на овим просторима јединственим у области планирања саобраћаја и управљања саобраћајном потражњом у градовима. Модел омогућава управљање односом коришћења јавног превоза и путничког аутомобила избором инструмената саобраћајне политике и последично, симулира понашања корисника система која се у највећој мери приближавају критеријумима дефинисаним принципима одрживог развоја, односно одрживе мобилности. Модел у предложеном техничком решењу под називом **Модел циљане (дириговане) видовне расподеле** се може сматрати новим поступком и самим тим предлажем да на основу одредаба Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача буде прихваћен као **техничко решење** категорије M83.

У Београду, 18.10.2015. године,

Др Владимир Ђорић, доцент
Саобраћајни факултет Београд

V. Djordjevic



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2015-11-26

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 5. редовној седници одржаној дана 25.11.2015. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 17. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 17.2.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење под називом:

17.2.15. Назив техничког решења:

МОДЕЛ ЦИЉАНЕ (ДИРИГОВАЊЕ) ВИДОВНЕ РАСПОДЕЛЕ

Аутори: Валентина Басарић, Јадранка Јовић, Вук Богдановић, Ненад Рушкић, Милица Миличић, Јелена Митровић Симић

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан



Проф. др Раде Дорословачки