Integrisani pristup u projektima planiranja i upravljanja saobraćajem korišćenjem makro i mikro simulacije

VLADIMIR D. ORI, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

NIKOLA J. ELAR, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

IVAN D. IVANOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

JELENA N. KAJALI, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

DRAGANA D. PETROVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

STAMENKA R. STANKOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

Stručni rad

UDC:656.1.07:519.876.5

DOI:10.5937/tehnika1506015D

Rešavanje kompleksnih saobraćajnih problema zahteva primenu simulacija kao osnove za testiranje različitih rešenja. Nivo detaljnosti simulacije zavisi od ciljeva projekta. U slučaju da se radi o projektima upravljanja i regulisanja kao rešenje se nameće mikrosimulacija gde je osnovna jedinica posmatranja vozilo i zasniva se na preciznom simuliranju ponašanja vozača u saobraćajnom toku. S druge strane, ukoliko je potrebno simulirati saobraćajna rešenja koja podrazumevaju promenu trase kretanja vozila rešenje je makrosimulacija koja je zasnovana na relacijama između osnovnih parametara saobraćajnog toka. Za projekte u kojima je potrebno izvršiti prognozu budućih transportnih zahteva makrosimulacioni modeli predstavljaju značajan izvor ulaznih podataka u proces mikrosimulacije. U radu je prikazan praktični primer integrisanja makro i mikro simulacionog procesa u projektu upravljanja saobraćajnim tokovima na mreži naselja Stepa Stepanovića u Beogradu. U zaključcima su rezimirane pozitivne i negativne strane integrisanog pristupa.

Ključne reči: makrosimulacije, mikrosimulacije, integrisani simulacioni pristup

1. UVOD

U prošlosti su se paralelno, na različitim teorijskim osnovama, razvijala dva tipa transportnih modela: modeli zasnovani na teoriji sleđenja vozila ili mikroskopski modeli i modeli zasnovani na relaciji parametara saobraćajnog toka ili makroskopski modeli.

Mikroskopski modeli se zasnivaju na individualnom ponašanju putnika, odnosno vozila dok makroskopski opisuju saobraćajni tok koji podleže globalnim pravilima [1].

Prisutan je trend ka sve većem korišćenju mikrosi-

mulacionih alata kao posledica sve veće dostupnosti različitih vrsta podataka, ubrzavanju rada računara i kvalitetnijim teorijskim postavkama u vezi sa mobilnošću i ponašanjem. Ipak, ovaj stav može biti pogrešan i potrebno je da svaki projekat koji uključuje modeliranje saobraćaja ima odgovarajuće i konceptualni, prostorni i vremenski nivo [2].

Obe vrste modela imaju svoje prednosti i mane pri korišćenju u specifičnim situacijama. Makroskopski modeli omogućavaju analizu homogenih pojava upotrebom manjih količina podataka. Moguće je prilagoditi makroskopski transportni model veličini (obuhvatu) problema koji se rešava. S druge strane, kada se modelira neki specifični deo saobraćajne mreže koji može imati značajan uticaj na celokupni sistem, mikroskopski model omogućava precizniju analizu.

Adresa autora: Vladimir Ori, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305

Rad primljen: 18.11.2015.

Rad prihvaćen: 24.11.2015.

Mikroskopski modeli su upotrebljiviji kod modeliranja pojava koje karakteriše izvestan stepen slučajnosti pojave (npr. kanali naplatnih rampi). Postoji neosporna potreba da se istražuje individualno ponašanje ljudi, da bi se razumelo sve heterogenije ponašanje u kompleksnim saobraćajno-socijalnim uslovima.

Ipak, njihova upotrebna vrednost u praktičnim planerskim zadacima nije konkurentna modelima koji funkcionišu na višem nivou agregiranja podataka. Postoje i teorijska ograničenja kod kalibracije i validacije mikrosimulacionih modela usled stohastičkih varijacija rezultata [2]. Poređenje makroskopskih i mikroskopskih modela je predstavljeno u raznim radovima i tezama [3, 4, 5].

Postoji više razloga za kombinovanje ove dve vrste modela tako da se iskoriste njihove prednosti na rešavanju istog problema. To je moguće formiranjem tako zvanih, hibridnih modela čiji razvoj još uvek nije prevazišao sve probleme [1].

S druge strane, integrisani pristup podrazumeva paralelno korišćenje makro i mikro modela kao što je u programu Aimsun, gde se u prvom koraku upotrebljava makrosimulacija da bi se dobila raspodela saobraćaja po mreži na osnovu Vordropovog principa (ekvilibrijum), a zatim se rezultati koriste za mikrosimulaciju i detaljnije analize [6]. Upravo ovaj princip će biti primenjen u nastavku rada za rešavanje praktičnog problema na realnoj mreži upotrebom konvencionalnih softverskih alata i dostupnih baza podataka.

2. OPIS PROBLEMA

Ulice Kumodraška, Kružni put i Vojvode Stepe tranzitiraju naselje „Stepa Stepanovi“ u Beogradu, pri čemu kolski pristupi još nisu u potpunosti definisani. U periodu od 2012. do 2014. godine izgrađeno je naselje sa planiranih 4616 stanova koje je delimično useljeno u tom periodu, pa se na navedene ulice otelevio i saobraćajni pritisak. Kapacitet deonice Ulice kružni put definisan je kapacitetom signalisanih raskrsnica na obodu naselja. Sa postojećom saobraćajnom infrastrukturom na ovoj deonici nije realno očekivati prihvatljivi nivo usluge na ulazima i izlazima iz naselja.

Kumodraška ulica ima profil saobraćajnice koji još nije dovoljno iskorišćen i preko koje bi bilo moguće ostvariti jedan od pristupa naselju. Vojvode Stepe, u planskom pogledu, nije projektovana kao ulica koja može da primi saobraćaj iz naselja, ali bi sa aspekta korisnika naselja bila veoma privlačna za buduće stanare. S obzirom na porast transportnih zahteva koji generiše naselje „Stepa Stepanovi“, potrebno je primeniti odgovarajuće mere kako bi se ublažilo saobraćajno zagušenje koje nastaje kao posledica izgradnje naselja. Osnovni cilj je bio izrada saobraćajnog

projekta sa simulacijom saobraćajnih tokova i predlogom optimalnog rešenja za odvijanje saobraćaja u zoni naselja Stepa Stepanovi pri čemu je iskorišćen integrisani pristup.

3. INFORMACIONA OSNOVA

Realizacija integrisanog pristupa podrazumevala je sprovođenje niza aktivnosti i prikupljanje seta ulaznih podataka:

- Definisanje postojećeg stanja i režima saobraćaja,
- Definisanje kapaciteta raskrsnica na području istraživanja,
- Definisanje merodavnog protoka ulaznih i izlaznih saobraćajnih pravaca.

3.1. Definisanje postojećeg stanja i režima saobraćaja

Prenamena površina, odnosno transformacija kompleksa kasarne „Stepa Stepanovi“ u stambeno-poslovni kompleks sa pratećim sadržajima uslovalo je potrebu za ispitivanjem uticaja nove namene površina na saobraćajnu mrežu.

Stambene zgrade su grupisane u sedam prostorno-funkcionalnih celina, a internom saobraćajnom i pešačkom mrežom povezane su sa postojećom infrastrukturom koja okružuje naselje. Ceo koncept naselja se zasniva na umerenom saobraćaju u okviru kompleksa.

Na saobraćajnicama koje ograničavaju naselje se u najvećoj meri oseća uticaj novih transportnih zahteva. Saobraćajnice koje ograničavaju naselje su Ulica vojvode Stepe, Kumodraška ulica i Kružni put. U postojećem stanju realizovana su tri pristupa naselju Stepa Stepanovi na dve saobraćajnice. Dva pristupa su pozicionirana na Kumodraškoj ulici, dok je jedan pristup naselju pozicioniran na Kružnom putu.

Slika 1 - Naselje Stepa Stepanovi

3.2. Definisanje kapaciteta raskrsnica

Utvrđivanje kapaciteta na predmetnim raskrsnicama je obavljeno za vršno opterećenje, i to jutarnji vršni period. Utvrđivanje kapaciteta predmetnih raskrsnica (signalisanih i nesignalisanih) obavljeno je uz pomoć programa HCS koji se oslanja na metodologiju

datu u Ameri kom priru niku HCM-u 2000. Osnovni parametri analize kapaciteta za signalisane raskrsnice su vrednost zasi enog toka, vremenski gubici na startu i iskoriš enje žutog signalnog pojma, dok su kod nesignalisanih raskrsnica prihvatljivi interval sle enja za neprioritetni tok i interval sle enja vozila u prioritetnom toku.

3.3. Definisane merodavnog protoka ulaznih i izlaznih saobra ajnih pravaca

Istraživanje merodavnih protoka i karakteristika saobra ajnih tokova je izvedeno koriš enjem tri vrste saobra ajnih istraživanja:

- Istraživanje karakteristika saobra ajnih tokova (brojanja saobra aja)
- Istraživanje karakteristika vremena putovanja
- Istraživanje vrednosti zasi enog saobra ajnog toka na signalisanim raskrsnicama.

Brojanja saobra aja su izvršena po klasi noj metodologiji, razvrstavanjem vozila prema smeru kretanja i prema kategoriji kojoj pripadaju. Istraživanje je obavljeno na potezu od raskrsnice Trošarina (Kružni put – Vojvode Stepe) do raskrsnice Kumodraške ulice i Kružnog puta po petnaestominutnim intervalima, dvokratno, u periodima od 07.00-10.00 i 15.00-18.00 asova. Istraživanje je vremenski definisano tako da se obuhvati jutarnji i popodnevni vršni period kao i karakteristike vanvršnih perioda.

Brzina saobra ajnog toka, na nivou prose ne brzine saobra ajnog toka na deonicama je dobijena istraživanjem na potezu Kružnog puta, na šest deonica. Istraživanje vremena putovanja obavljeno je u istim karakteristi nim periodima kao i brojanje saobra aja. Primenjena je metoda istraživanja vremena koja se zasniva na „plutaju em“ vozilu. Istraživanja se realizuju uz aktivno, neposredno u eš e u realizaciji procesa.

„Plutaju e“ vozilo, u okviru metode, svoje kretanje realizuje u okviru medijane ponašanja pripadaju eg saobra ajnog toka za aktuelne uslove na deonici. Istraživanja su realizovana primenom automatske tehnike prikupljanja podataka, pomo u mernog instrumenta (GPS prijemnika i prenosivog ra unara). Snimanja parametara kretanja vozila tokom realizacije istraživanja obavljaju se u intervalima od jedne sekunde, što omogu ava formiranje trajektorije kretanja vozila (prostor-vreme dijagrama) visokog nivoa detaljnosti. Snimanja su vršena kontinualno duž poteza, u oba smera.

Istraživanje vrednosti zasi enog saobra ajnog toka vršeno je na osnovu merenja prose nog intervala sle enja prilikom praznjenja reda nakupljenog za vreme trajanja crvenog signalnog pojma. Istraživanja su sprovedena radi provere rezultata prorana kapaciteta

dobijenih uz pomo softverskog programa HCS (ta ka 3.2). Istraživanjem su obuhva ene dve signalisane raskrsnice, Kružni put - Kumodraška i Kružni put - Vojvode Stepe. Merenje vremena praznjenja reda vršeno je pojedina no za svaku traku na prilazu u periodima od 30 minuta.

4. INTEGRISANI PRISTUP

U okviru integrisanog pristupa bi e sprovedeni slede i koraci:

- Definisane generisanog motornog saobra aja za period od naredne dve godine
- Raspodela saobra aja po mreži (makromodel)
- Analiza upravlja kih scenarija rada svetlosnih signala (mikromodel).

4.1. Prognoza generisanog motornog saobra aja

U naselju Stepa Stepanovi je planirana izgradnja oko 4600 stanova. Do trenutka kada su sprovedena saobra ajna istraživanja bilo je prodato i u posed kupaca prešlo oko 2400 stanova što je nešto više od 50% ukupnog broja. Ipak, na osnovu istraživanja na terenu utvr eno je da nisu svi stanovi u upotrebi ili se deo njih koristi u druge svrhe sem stanovanja.

Na osnovu brojanja saobra aja utvr eni su transportni zahtevi koje stambeno naselje ispostavlja prema transportnom sistemu. U jutarnjem vršnom asu od 7 do 8 asova najve i su zahtevi zbog realizacije kretanja sa svrhom odlazak na posao (499 kretanja PA). Pored brojanja saobra aja putni kih vozila sprovedeno je i brojanje peša kih kretanja ka stajalištima javnog masovnog prevoza (dodanih 500 kretanja). Prose na vrednost stepena popunjenosti vozila je 1.4, što iznosi još 200 kretanja putni kim vozilom u svojstvu putnika. Tako su prikupljeni podaci o ukupnim generisanim kretanjima i vidovnoj raspodeli kretanja.

Pretpostavke na kojima je bazirana prognoza generisanih kretanja su obuhvatale:

- Prose an stepen popunjenosti vozila,
- Prose an stepen motorizacije
- Prose nu veli inu doma instva i
- Procenjeni broj doma instava.

Stepen motorizacije odražava viši ekonomski status stanovnika u skladu sa prognoziranim stepenom motorizacije iz Generalnog plana Beograda od 1 vozila po doma instvu.

Rezultat prognoze je zasnovan na prose nom broju doma instava koji predstavlja procenu stepena koriš enja zemljišta izraženu brojem stambenih jedinica koji se aktivno koristi odnosno brojem doma instava koja u estvuju u generisanom saobra aju. Prognoza je bazirana na varijantnim scenarijima: optimisti ki, realni i pesimisti ki. Scenariji su nazvani u

odnosu na broj kretanja koji se generiše, pa „pesimisti ki scenario“ podrazumeva scenario sa najmanjim brojem generisanih kretanja.

Stanovnici koji sada žive u naselju generišu u jutarnjem vršnom satu oko 1200 kretanja. Scenariji su zatim formirani na osnovu procene budućeg broja stanovnika (za prognozni period od dve godine).

Uslovno rečeno, donja granica prognoze, definisana je pesimisti kim scenariom sa maksimalnim brojem stanovnika. Predviđena je potpuna popunjenost stambenih jedinica odnosno svih 4600 stanova. Procenjeni broj stanovnika će generisati transportne zahteve od oko 2300 kretanja u vršnom satu svim načinima kretanja.

Na osnovu vidovne raspodele utvrđene u postojećem stanju broj transportni zahtevi putni kih automobila iznosi oko 1000 vozila. Tako je dobijen faktor porasta saobraćaja u odnosu na postojeće stanje koji iznosi oko 2.0 kojim će se ekspanirati sva izvorna i ciljna kretanja u varijantnim rešenjima.

Prognoza je bila pod uticajem pretpostavke da linije JMPPa ne ulaze u naselje nego da je naselje opsluženo sa postojećim linijama. U slučaju da se pojave linije ili linija JMPP-a u naselju došlo bi do promena u modalnoj raspodeli.

4.2. Raspodela saobraćaja po mreži (makroskopski model)

Na osnovu definisanog realnog prognoznog scenarija definisani su i prelazni scenario sa povećanjem transportnih zahteva sa faktorom 1.5 i 2.5. U prvom slučaju reč je o prelaznom prognoznom scenariju uvećanja transportnih zahteva. Dok je povećanje faktorom 2.5 scenario koji prevazilazi ciljnu godinu ali može predstavljati dobar „šta ako“ scenario.

Paralelno su definisani i scenariji razvoja mreže:

- Varijanta bez intervencija na saobraćajnoj mreži (postojeće stanje sa uvećanim transportnim zahtevima)
- Varijanta sa minimalnim intervencijama na saobraćajnoj mreži (povezivanje naselja sa Ulicom Vojvode Stepe dok sva saobraćajna mreža ostaje na nivou postojećeg stanja)
- Varijanta sa unapređenom saobraćajnom mrežom (veza naselja sa Ulicom vojvode Stepe). Saobraćajna mreža je unapređena, i to deonice Ulica Save Maškovića od raskrsnice sa Bulevarom oslobođenja do Ulice braće Jerkovića, kao što je predviđeno Planom detaljne regulacije za saobraćajni potez od ulice Borske do petlje „Lasta“.

Za potrebe mikrosimulacije, merodavni saobraćajni tokovi na deonicama i raskrsnicama su definisani u Transportnom modelu Beograda na široj mreži (slika 2). Usled prognoziranih transportnih zahteva, koji

opterećuju saobraćajnice koje oivičavaju naselje, dolazi do preraspodele saobraćajnih tokova na uličnu mrežu gravitacionog područja. Kapacitivna ograničenja utiču na protoke koji će morati da budu realizovani na postojećoj uličnoj mreži. Tu se pre svega misli na Ulicu Save Maškovića i Crnotravsku, od raskrsnice sa Ulicom vojvode Stepe do Borske ulice.

Korišćena je baza podataka o transportnim zahtevima u vršnom satu iz Transportnog modela Beograda. Generisana je mreža gravitacionog područja i agregirani transportni zahtevi na nivou novog, lokalnog zonskog sistema. Na taj način je uzet u obzir preusmereni saobraćaj koji usled promene stepena iskorišćenja kapaciteta može da se pojavi odnosno bude privremena saobraćajnica koje nisu deo poteza na kome su izvedena sva istraživanja.

Slika 2 - Primer rezultata makrosimulacije sa obuhvatom šireg uticajnog područja

Tako definisani protoci po definisanim varijantnim rešenjima su služili kao osnova za mikrosimulaciju (slika 2).

Izlazni rezultati iz makrosimulacije su služili za generisanje saobraćajnih slika na užem području: području mikrosimulacije. Saobraćajne slike na karakteristikama raskrsnicama predstavljaju precizan i kvalitetan ulazni podatak. Grafički prikaz podataka je prikazan na narednoj slici (slika 3).

Slika 3 - Primer ulaznih podataka za mikrosimulaciju u formi saobraćajnih slika

Saobraćajna mreža gravitacionog područja je u prvom koraku kalibrisana da bi se dobila odgovarajuća raspodela saobraćajnih tokova na mreži koja odgovara

postoje em stanju. Transportni zahtevi iz Transportnog modela Beograda su korigovani da bi se ostvarilo maksimalno poklapanje sa rezultatima brojanja saobraćaja.

4.3. Analiza upravljalnih scenarija rada svetlosnih signala (mikroskopski model)

Na osnovu prognoze generisanog motornog saobraćaja, simulacija saobraćajnih tokova je urađena za četiri scenarija porasta generisanog saobraćaja iz naselja Stepa Stepanovi :

- Postoje a, bazna vrednost saobraćajnog opterećenja, dobijena istraživanjem.
- Porast generisanog saobraćaja za 50% u odnosu na bazno.
- Porast baznog opterećenja za 2 puta.
- Porast baznog opterećenja za 2.5 puta (generisani saobraćaj na kraju prognostičnog perioda).

U prvom koraku izvršena je simulacija tokova sa postoje im vrednostima saobra ajnog optere enja za mrežu bez investicija. Osnovna svrha ovog dela simulacionog projekta bila je analiza postoje eg stanja i kalibracija simulacionog modela na rezultate dobijene istraživanjem.

Simulacija saobraćajnih tokova za definisane skale porasta generisanog saobraćaja iz naselja, izvršena je za varijante mreže bez investicija i mreže sa minimalnim investicijama. Svi simulacioni projekti pomenutih varijantnih rešenja urađeni su za aktuelni režim saobraćaja na raskrsnicama, postoje i na in i postojeće vrednosti upravljačkih parametara rada svetlosnih signala.

U okviru varijanti ispitivane su i podvarijante. Osnovi cilj generisanja podvarijantnih rešenja jeste da se na osnovu postojećeg stanja i na osnovu upravljanja sa skalama porasta generisanog saobraćaja iz naselja definiše vremenski period (sa aspekta tempa urbanizacije naselja) do kojega postoje mreža, odnosno mreža sa minimalnim investicijama, u kontekstu aktuelnog stanja i na osnovu upravljanja, može prihvatiti porast generisanog saobraćaja. Rezultati simulacije su prikazani za svaki scenario kao na slici 4.

Slika 4 - Prikaz rezultata mikrosimulacije

5. DISKUSIJA

Na osnovu rezultata simulacije izvučeni su sledeći zaključci u vezi sa konkretnim problemom:

Optimizacija saobraćajnih tokova na raskrsnicama, odnosno duž kružnog puta, unapređuje rad signala i ima pozitivan efekat u postojećem stanju transportnog sistema i sa postojećim transportnim zahtevima.

Rekonstrukcija raskrsnice Kružni put naselje Stepa Stepanovi , formiranje posebne trake za levo skretanja sa Kružnog puta u naselje Stepa Stepanovi , uvođenje svetlosnih signala na raskrsnici Kružni put – Naselje Stepa Stepanovi i povezivanje raskrsnica duž Kružnog puta u sistem koordinisanog rada će omogućiti povećanje nivoa bezbednosti i povećati pristupačnost za vozila JMPP-a. Potencijalni negativni efekti se očekuju u smanjenju efikasnosti za tokove na glavnom pravcu i posrednim smanjenju efikasnosti za tokove iz naselja.

Mere koje je neophodno primeniti kada porast generisanog saobraćaja iz naselja u granicama oko 50%:

(1) Rekonstrukcija raskrsnice Kružni put – Kumodraška. Otvaranje posebne trake za leva skretanja na prilazu Kumodraške ulice iz pravca Kumodraža, proširenje kraka Kružnog puta iz pravca ulice Bra e Jerkovi , formiranje posebne trake za levo na prilazu raskrsnici, izmeštavanje autobuskog stajališta i njegova realizacija u posebnoj traci i optimizacija rada svetlosnih signala.

Efekti predloženih mera su povećanje kapaciteta rekonstruisanih prilaza, nesmetan proces rasformiranja reda i sprečavanje blokiranja raskrsnice. Potencijalni negativni efekti su realizacija veće vrednosti protoka na deonici Kumodraška – Vojvode Stepe, smer ka Vojvode Stepe.

(2) Izgradnja priključka na Naselja na Ulicu vojvode Stepe prema postojećem idejnom projektu i uvođenje svetlosnih signala na priključku na naselja na Ulicu vojvode Stepe. Tako bi se ostvarilo preusmeravanje točkova sa priključka na Kružni put - Naselje odnosno povećanje nivoa usluge na Kružnom putu.

Povećanje generisanog saobraćaja većeg od 60% u odnosu na postojeće stanje nije moguće kompenzovati merama optimizacije rada svetlosnih signala.

6. ZAKLJUČAK

Integrirani pristup primenom kombinacije makroskopske i mikroskopske simulacije omogućava formiranje ulaznih setova podataka (za mikrosimulaciju na osnovu makrosimulacije) koji su oslojdeni na karakteristike razlivanja saobraćajnih tokova po mreži. Na taj način se smanjuje mogućnost korišćenja neproverenih

podataka iji je cilj bezuslovno opravdavanje primenjenih mera. Nedostatak je neophodnost postojanja široke baze podataka u formi transportnog modela.

Integrisani pristup je generalno zasnovan na primeni razli itih softvera i modela da bi se procenili razli iti uticaji saobra ajnih rešenja na okruženje (socijalno, životnu sredinu itd.). Tako se na saobra ajne modele mogu nadovezati drugi modeli ili baze podataka (npr. emisioni ekološki modeli) da bi se konkretni efekti procenili. Primeri procene eksternih efekata i uticaja na životnu sredinu su prisutni u literaturi [7, 8]. Na taj na in se stvara osnova za višekriterijumsko vrednovanje uklju ivanjem ve eg broja, do sada, teže izmerivih veli ina.

7. NAPOMENA

Rad je sastavni deo nau no-istraživa kog projekta „Uticaj globalnih izazova na planiranje saobra aja i upravljanje saobra ajem u gradovima“ TR36021 Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Bourrel, E. & Lesort, J.-B., Mixing Micro and Macro Representations of Traffic Flow: a Hybrid Model Based on the LWR Theory. In 82th Annual Meeting of the Transportation Research Board. pp. 12–16. 2003.
- [2] Wegener, M, From Macro to Micro – How Much Micro is too Much? Transport Reviews, 31 (2011)(2), pp.161–177. 2011.
- [3] Scherr, W, Adams, D. & Bauer, T., An Integrated Model for Planning and Traffic Engineering. In Ninth TRB Planning Methods Applications Conference. 2003.
- [4] Harslof Holst, R. A, Macro- , Meso- and Micro simulation. 2007.
- [5] Barceló, J. et al, Methodological Notes on Combining Macro, Meso and Micro Models for Transportation Analysis. In Proceedings of the 13th World Conference on ITS. pp. 1–40, 2005.
- [6] Fox, K, Is micro-simulation a waste of time? In Association for European Transport and contributors pp. 1–8, 2008.
- [7] Basaric, V. et al, Efficient Methodology for Assessment of Targets and Policy Measures for Sustainable Mobility Systems. International Journal of Sustainable Transportation, 9(3), pp. 217–226, 2014.
- [8] Basari , V. et al, Effects of Traffic on NO₂ and PM₁₀ Emissions in Novi Sad. Polish Journal of Environmental Studies, 23(5), pp.1837–1842, 2014

SUMMARY

INTEGRATING CRO AND MICRO SIMULATION IN TRANSPORTATION PLANNING AND TRAFFIC MANAGEMNET PROJECTS

Traffic simulations are the basis for solving complex traffic problems. Conceptual level of simulation depends on the project goals. In traffic management problems, the most common approach is microsimulation with the perception unit of a single vehicle and precise drivers behaviour simulation. On the other hand, the simulation of traffic flow characteristics and the changes in vehicle routes demands for macrosimulation approach based on global relations of traffic flow parameters. In projects where transport demand forecasts are needed, macrosimulation models are important input data sources for microsimulation. In this paper we present methodology for joint use of macro and micro simulation on a case study of Stepa Stepanovi estate in Belgrade. Strengths and weaknesses of this approach are emphasized in discussion and conclusions.

Key words: macrosimulation, microsimulation, integrated simulation approach