



УНИВЕРЗИТЕТ
у НОВОМ САДУ

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



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАЏМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН О.Д.



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
Departman za saobraćaj

MODEL PRORAČUNA KAPACITETA TROKRAKIH
NESTANDARDNIH NESIGNALISANIH RASKRSNICA

TEHNIČKO REŠENJE

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 2011–2015
- Modeli održivog razvoja saobraćaja u Vojvodini koji finansira Pokrajinski sekretar za nauku i tehnološki razvoj AP Vojvodine za period 2011–2014

Novi Sad 2015

Radni tim na izradi tehničkog rešenja:

Rukovodilac:

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

Saradnici:

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

Dr Valentina Basarić, 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 Nemanja Garunović, dipl. inž. saobraćaja
asistent, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

1. Opis problema

Nestandardne trokrake nesignalisane raskrsnice (NNR) su one raskrsnice kod kojih se prioritetni put pruža u skretanju. Ove raskrsnice, mogu imati istu geometriju kao trokrake standardne nesignalisane raskrsnice (SNR). Osnovna razlika između NNR i SNR je pružanje glavnog putnog pravca. Naime, kod NNR se za razliku od SNR sporedni prilaz nalazi naspram jednog glavnog prilaza.



Slika 1,2. Trokraka nestandardna nesignalisana raskrsnica

Za potrebe regulisanja saobraćaja, na prilazima trokrakih NNR postavljaju se kombinacije standardnih saobraćajnih znakova **II-1 – „ustupanje prvenstva prolaza“**, **II-2 „Obavezno zaustavljanje – STOP“** i **III-3 – „Put sa prvenstvom prolaza“**.

Da bi se vozačima naznačio pravac pružanja glavnog putnog pravca i pravac i smer pružanja prioritetskog puta, na trokrakim nesignalisanim raskrsnicama koriste se posebno dizajnirane dopunske table, koje su u pravilniku o saobraćajnoj signalizaciji označene sa IV-23.

Za raskrsnice standardne geometrije upotrebljava se dopunska tabla koja je data na slici 3a, dok se za raskrsnice nestandardne geometrije upotrebljava dopunska tabla koja je prikazana na slici 3b i slici 2, kao i neke njene varijacije u zavisnosti od položaja glavnih i sporednih prilaza.



Slika 3. Dopunske table (IV-23) koje se koriste na trokrakim NNR

Trokrake NNR su veoma česte na putnoj i uličnoj mreži, pa je poznavanje njihovog kapaciteta neophodno da bi se moglo izvršiti njihovo poređenje sa drugim tipovima raskrsnica u pogledu kapacitivnih sposobnosti i nivoa usluge. Na ovaj način moguće je prilagoditi ključne delove mreže stvarnim potrebama i ustanoviti da li je postojanje NNR na nekom delu mreže neophodno ili se može zameniti nekim drugim tipom raskrsnice.

Raspored sporednih i glavnih manevara nije isti na svim tipovima trokrakih

NNR, pa iz tog razloga tehničko rešenje prikazuje model za proračun kapaciteta dva tipa trokrake NNR raskrsnice i to:

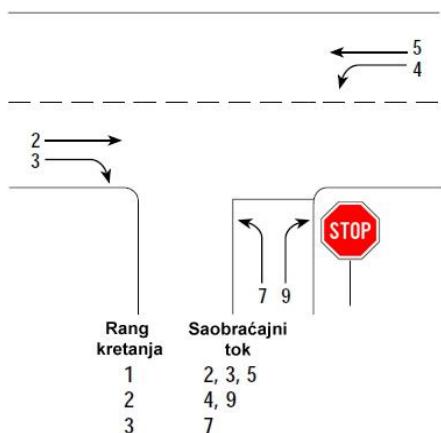
1. Simetrične trokrake raskrsnice kod kog se sporedni prilaz nalazi sa severne strane, koje su u daljem tekstu označene kao NNR-N.
2. Simetrične trokrake raskrsnice kod kog se sporedni prilaz nalazi sa zapadne strane koje su u daljem tekstu označene kao NNR-N.

Za trokrake NNR u dosadašnjim istraživanjima kod nas i u svetu nisu definisani postupci proračuna kapaciteta.

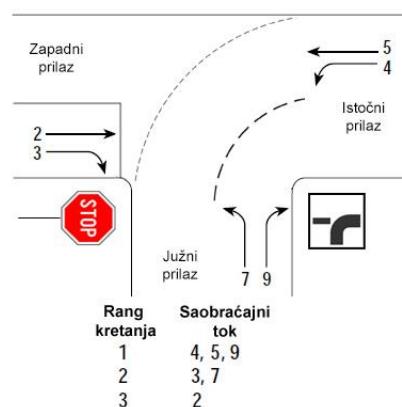
Članovi radnog tima koji su učestvovali na izradi ovog tehničkog rešenja su u periodu trajanja projekta (2010-2015) objavili ukupno 8 radova koji su za temu imali raskrsnice, kako standardne, tako i nestandardne.

2. Analiza trokrakih nestandardnih nesignalisanih raskrsnica

Prema nomenklaturi koja je usvojena u svim verzijama HCM-a (HCM1985-HCM2010) tokovi, odnosno manevri na glavnom prilazu trokrake SNR su obeleženi brojevima 2-5, dok su na sporednom prilazu obeleženi brojevima 7 i 9, kako je to prikazano na slici 4. Da bi se jasnije uočila razlika između trokrakih SNR i NNR, na slici 5 je data tipična NNR sa karakterističnim tokovima i rangovima, pri čemu je nomenklatura rangova ostala nepromenjena u odnosu na standardnu HCM nomenklaturu.



Slika 4. Tokovi i rangovi kretanja na trokrakoj SNR



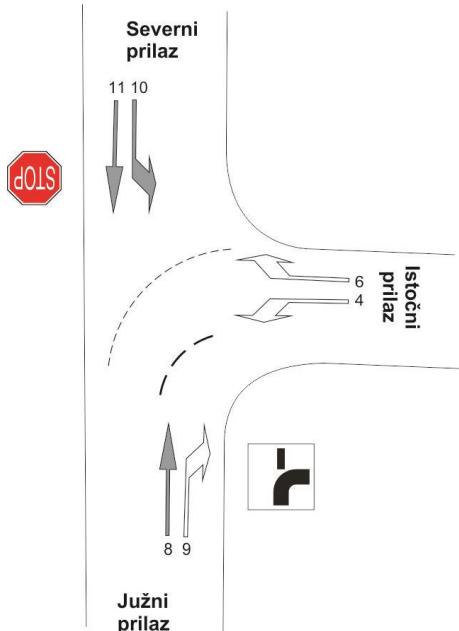
Slika 5. Tokovi i rangovi kretanja na trokrakoj NNR

Svaka trokraka SNR može se predstaviti na način kako je to prikazano na slici 4. Naime, bez obzira na stvarni, prostorni raspored prilaza trokrake SNR na uličnoj mreži, rotiranjem skice raskrsnice za 90° , 180° ili neki drugi ugao, ona se uvek može predstaviti sa identičnim rasporedom prilaza i glavnih i sporednih manevara, odnosno onako kako je to prikazano na slici 4.

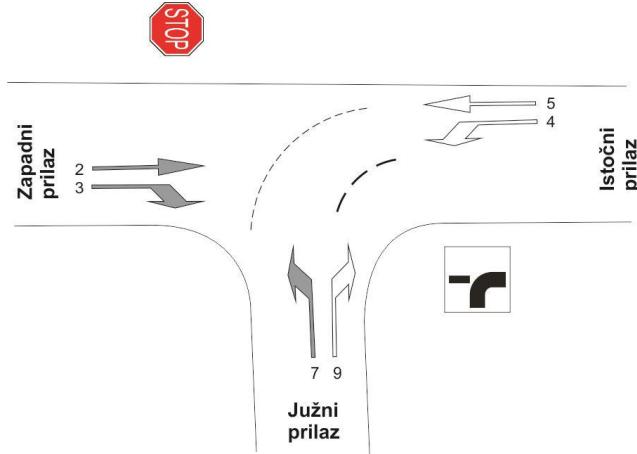
Trokrake NNR, za razliku od SNR mogu se predstaviti na dva različita načina u zavisnosti da li se sporedni prilaz nalazi naspram istočnog prilaza (slika 6) ili naspram južnog prilaza (slika 7), odnosno na :

- Trokraka NNR-N kod koje se sporedni prilaz nalazi na severnom prilazu,
- Trokraka NNR-W kod koje se sporedni prilaz nalazi na zapadnom prilazu.

Svaka trokraka NNR se bez obzira na stvarni, prostorni raspored prilaza rotiranjem skice raskrsnice za odgovarajući ugao uvek može predstaviti kao NNR-N ili NNR-W raskrsnica.



Slika 6. Trokraka nestandardna nesignalisana raskrsnica na kojoj se sporedni prilaz nalazi sa severne strane (NNR-N)



Slika 7. Trokraka nestandardna nesignalisana raskrsnica na kojoj se sporedni prilaz nalazi sa zapadne strane (NNR-W)

Za trokrake NNR izvršena je klasifikacija manevara u skladu sa prostornim rasporedom prilaza i karakteru manevara:

Rang I

- Za NNR-N raskrsnicu ovom rangu pripadaju kretanja 4,6 i 9, odnosno manevar pravo, i desno sa istočnog prilaza i desno skretanje sa južnog prilaza.
- Za NNR-W ovom rangu pripadaju kretanja 4,5 i 9, odnosno manevar pravo, i levo sa istočnog prilaza i desno skretanje sa južnog prilaza.

Rang II

- Za NNR-N raskrsnicu ovom rangu pripadaju kretanja 8 i 11, odnosno kretanje pravo sa južnog prilaza i kretanje pravo sa severnog prilaza.
- Za NNR-W ovom rangu pripadaju kretanja 3 i 7, odnosno desno skretanje sa zapadnog prilaza i levo skretanje sa južnog prilaza.

Rang III

- Za NNR-N raskrsnicu ovom rangu pripada kretanje 10, odnosno kretanje pravo sa severnog prilaza.
- Za NNR-W ovom rangu pripadaju kretanje 2, odnosno kretanje pravo sa zapadnog prilaza.

3. Osnovni pojmovi o kapacitetu trokrakih nesignalisanih raskrsnica

Proračun kapaciteta standardnih trokrakih i četvorokrakih nesignalisanih raskrsnica tipa **TWSC** („**Two Way Stop Controlled**“) zasnovan je na teoriji verovatnoće, odnosno pretpostavci da će se u prioritetnom toku pojaviti dovoljno veliki intervali, odnosno prostorni razmak između vozila koji omogućavaju izvršenje sporednih manevara. Kako su trokrake raskrsnice jedna vrsta nesignalisanih TWSC raskrsnica, postupak proračuna kapaciteta zasnovan je na istim matematičkim modelima uz određena prilagođavanja, pre svega parametara saobraćajnog toka koji su specifični za ovu vrstu raskrsnica.

Postupak proračuna kapaciteta koji je pokazao najbolje rezultate u praksi sa najvećom tačnošću za većinu SNR dat u novijim verzijama **Highway Capacity Manual (HCM)**. Ovaj postupak je zasnovan na **Harders**-ovom modelu prihvatljivih intervala sleđenja, odnosno vremenskih intervala sleđenja vozila u glavnom toku koje vozači prihvataju za izvođenje sporednih manevara. Vrednosti ovih intervala su različiti i zavise od vrste manevra, a utvrđuju se istraživanjima u realnom saobraćajnom toku.

Interval sleđenja vozila u sporednom toku (follow-up headway) definiše se kao vreme koje protekne od momenta kada prvo vozilo iz reda čekanja sa sporednog prilaza pređe zaustavnu liniju i uđe u središte raskrsnice, do momenta kada sledeće vozilo pristigne i zaustavi se na zaustavnoj liniji. Prema tome, vreme sleđenja u sporednom toku predstavlja period između dva uzastopna ulaska vozila u središte raskrsnice iz reda čekanja, a sastoji se od:

- vremena kretanja u redu čekanja i zauzimanja čone pozicije;
- vremena osmatranja saobraćajne situacije i donošenja odluke od strane vozača o nastavku kretanja kroz središte raskrsnice.

Ovaj parametar uobičajeno se obeležava sa t_f i njegova veličina značajno utiče na kapacitet nesignalisanih raskrsnica. Što je sporedni manevr komplikovaniji, to je vreme osmatranja i donošenja odluke od strane vozača duže, pa je i vremenski interval sleđenja veći.

Kritični interval sleđenja vozila u prioritetnom toku (critical headway) je minimalno potrebna veličina intervala sleđenja u glavnom toku koja omogućava jednom vozilu iz sporednog toka prolazak kroz središte raskrsnice. Vozači koji svojim vozilima vrše sporedni manevr (npr. skreću levo sa sporednog prilaza na kome je postavljen saobraćajni znak II-2 „Obavezno zaustavljanje – STOP“) koriste svaki interval sleđenja koji je jednak ili veći od kritičnog da bi izvršili prolazak kroz središte raskrsnice. Kritični interval sleđenja obeležava se sa t_c . Na temu veličine kritičnog intervala objavljen je veliki broj naučnih u kojima je utvrđeno da on zavisi od mnogih faktora, kao što su vrsta i karakter sporednog manevra, veličina toka na glavnom prilazu, broj saobraćajnih traka, uzdužni nagib, dozvoljena brzina kretanja u prioritetnom toku, itd.

Prema Harders-ovom modelu, potencijalni kapacitet svakog sporednog manevra računa se prema sledećoj relaciji:

$$C_{p,x} = V_{c,x} \cdot \frac{e^{-V_{c,x} \cdot t_{c,x}/3600}}{1 - e^{-V_{c,x} \cdot t_{f,x}/3600}} \quad (1)$$

Gde su:

- $C_{p,x}$ – potencijalni kapacitet sporednog manevra \mathbf{x} (voz/h);
- $V_{c,x}$ – konfliktni tok za sporedni manevr \mathbf{x} (voz/h);
- $t_{c,x}$ – kritični interval sleđenja za sporedni manevr \mathbf{x} (s);
- $t_{f,x}$ – interval sleđenja na sporednom pravcu za manevr \mathbf{x} (s).

Osim konfliktnog toka, ulazni parametri za proračun kapaciteta su kritični interval sleđenja vozila u glavnom toku – **critical headway** ($t_{c,x}$) i interval sleđenja vozila u sporednom toku – **follow-up headway** ($t_{f,x}$), Kritični interval sleđenja ($t_{c,x}$) računa se prema sledećem izrazu:

$$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV} \cdot PHV + t_{c,G} - t_{c,T} - t_{3,,LT} \quad (2)$$

Gde su:

- $t_{c,x}$ – kritični interval sleđenja za manevr \mathbf{x} ,
- $t_{c,base}$ – bazni kritični interval sleđenja,
- $t_{c,HV}$ – faktor prilazođavanja za teretna vozila (1,0 s ukoliko je glavni prilaz dvotračni i 2,0 s ukoliko je glavni prilaz četvorotračni),
- PHV – procenat teretnih vozila u sporednom toku,
- G – procenat nagiba u apsolutnoj vrednosti,
- $t_{c,G}$ – faktor prilagođavanja za nagib na sporednom prilazu (0,1 s za skretanje desno sa sporednog prilaza – tok 9 i 0,2 s za kretanje pravo i skretanje levo sa sporednog prilaza),
- $t_{c,T}$ – faktor prilagođavanja za dvofazno izvođenje sporednog manevra (1,0 s za svaku od dve faze; 0,0 ukoliko se sporedni manevr izvodi u jednoj fazi),
- $t_{3,,LT}$ – faktor prilagođavanja geometriji raskrsnice (0,7 s za levo skretanje sa sporednog prilaza na trokrakoj raskrsnici; 0,0 s u ostalim slučajevima).

Interval sleđenja vozila u sporednom toku ($t_{f,x}$) računa se prema izrazu:

$$t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} \cdot PHV \quad (3)$$

Gde su:

- $t_{f,x}$ – interval sleđenja vozila u sporednom toku za manevr \mathbf{x} ,
- $t_{f,base}$ – bazni interval sleđenja vozila u sporednom toku,
- $t_{f,HV}$ – faktor prilagođavanja za teretna vozila (0,9 s ukoliko je glavni prilaz dvotračni i 1,0 s ukoliko je glavni prilaz četvorotračni).

Bazne vrednosti kritičnog intervala sleđenja ($t_{c,x}$) i intervala sleđenja ($t_{f,x}$), date su u sledećoj tabeli.

Tabela 1. Bazne vrednosti kritičnog intervala sleđenja i intervala sleđenja na SNR

Manevar	Bazni kritični interval sleđenja $t_{c,base}$ (s)		Bazni interval sleđenja $t_{f,base}$ (s)
	Dvotračni glavni pravac	Četvorotračni glavni pravac	
Levo skretanje sa glavnog prilaza	4,1	4,1	2,2
Desno skretanje sa sporednog prilaza	6,2	6,9	3,3
Pravo kretanje sa sporednog prilaza	6,5	6,5	4,0
Levo skretanje sa sporednog prilaza	7,1	7,5	3,5

Nakon proračuna potencijalnog kapaciteta sporednih manevara, standardnim postupkom koji je zasnovan na teoriji verovatnoće, proračunavaju se vrednosti praktičnog kapaciteta svakog sporednog manevra, a nakon toga i kapaciteta prilaza.

Ovakav način definisanja tokova, konflikta i proračun kapaciteta, karakterističan je za sve nesignalisanе trokrake i četvorokrake raskrsnice koje se mogu okarakterisati kao standardne, odnosno kod kojih se prioritetni prilazi nalaze jedan naspram drugog. Iako su navedene raskrsnice veoma rasprostranjene u čitavom svetu, pojedine države su nasledile putnu i uličnu mrežu nepravilnog karaktera. Na ovakvoj putnoj mreži se pojavljuju raskrsnice na kojima se iz nekog razloga ni jedan pravac ne može proglašiti za prioritetni, već se prioritetni pravac pruža u levo ili desno skretanje. Na ovaj način, prioritetni prilazi postaju dva susedna, umesto dva naspramna kraka raskrsnice, što ih čini značajno različitim od SNR, tako da se ove raskrsnice mogu okarakterisati kao nestandardne nesignalisanе raskrsnice.

4. Model za proračun kapaciteta trokrakih NNR

Kao što je naglašeno u prethodnom poglavlju NNR su podgrupa nesignalisanih TWSC raskrsnica, pa je za ovaj rad predloženo da se u postupku proračuna kapaciteta koristi isti Harders-ov model. Međutim, da bi model mogao da se primeni na trokrakim NNR potrebno je da se utvrde parametri saobraćajnog toka koji su na ovim raskrsnicama bitno drugačiji od onih koji figuriraju u postupku proračuna kapaciteta SNR.

Veličina kritičnog intervala sleđenja je u nekim ranijim istraživanjima utvrđivana sa jedne strane teoretski – matematičkim modelima i praktično – merenjem na terenu i ove vrednosti su date kroz modele prihvatljivih intervala sleđenja (eng. – Gap Acceptance Models). Preporučene vrednosti za SNR su date kako u HCM-u, tako i u drugim priručnicima za proračun kapaciteta nesignalisanih raskrsnica. Ipak, svi ovi priručnici predlažu lokalna merenja i posebne analize, jer se

kritični intervali mogu razlikovati od raskrsnice do raskrsnice (npr. zbog njihove geometrije) ili od države do države (razlika u propisima, ponašanju vozača i slično).

Ovakvi zaključci i preporuke su posebno značajni za analizu kritičnih intervala sleđenja na NNR, jer se njihovi kritični intervali ne mogu poistovetiti sa intervalima na SNR.

Autori rada predlažu za područje jugoistične Evrope vrednosti intervala koji su dati u narednoj tabeli, a koji su zasnovani na istraživanju sprovednom u Srbiji i BiH.

Tabela 2. Preporučne vrednosti intervala sleđenja i kritičnih intervala sleđenja za NNR-N i NNR-W

Tip manevra	Kritični interval sleđenja u prioritetnom toku $t_c(s)$	Interval sleđenja u sporednom toku $t_f(s)$
2 – pravo kretanje sa zapadnog (sporednog) prilaza (NNR-W)	6,9	3,2
3 – desno skretanje sa zapadnog (sporednog) prilaza (NNR-W)	5,5	2,7
7 – levo skretanje sa južnog (prioritetnog) prilaza (NNR-W)	6,3	3,4
8 – pravo kretanje sa južnog (prioritetnog) prilaza (NNR-N)	7,6	2,8
10 – levo skretanje sa severnog (sporednog) prilaza (NNR-N)	7,8	3,2
11 – pravo kretanje sa severnog (sporednog) prilaza (NNR-N)	6,4	3,2

4.1. Utvrđivanje vrednosti konfliktnih tokova

Na osnovu definisana tri ranga kretanja, dat je proračun konfliktnih tokova za sve sporedne manevre koji se mogu pojaviti na trokrakim NNR-N i NNR-W raskrsnicama.

Kretanja ranga II:

$$V_{c,3} = V_4^{(a)} \quad (4)$$

$$V_{c,7} = V_4 + V_5 \quad (5)$$

$$V_{c,8} = V_4 + V_5 + V_6 \quad (6)$$

$$V_{c,10} = V_4 + \frac{1}{2} \cdot V_6^{(b)} \quad (7)$$

Kretanja ranga III:

$$V_{c,2} = V_4 + \frac{1}{2} \cdot V_5^{(b)} + V_7 + V_9^{(a)} \quad (8)$$

$$V_{c,11} = V_4 + \frac{1}{2} \cdot V_6^{(b)} + V_8 + V_9 \quad (9)$$

^(a) Ukoliko na izlivnom grlu postoje dve ili više saobraćajnih traka, ovi tokovi se mogu isključiti iz proračuna. Naime, ukoliko neko kretanje na izlivnom grlu ima svoju

saobraćajnu traku, u tom slučaju ono nije u konfliktu sa sporednim manevrom.

(b) Ukoliko na ulivnom grlu postoji odvojena traka za desno skretanje, ovi tokovi se mogu isključiti iz proračuna.

4.2. Proračun vrednosti potencijalnog i merodavnog kapaciteta

Za proračun kapaciteta se može upotrebiti Harders-ov obrazac koji je objašnjen u okviru tačke 3.

$$C_{p,x} = V_{c,x} \cdot \frac{e^{-V_{c,x} \cdot t_{c,x}/3600}}{1 - e^{-V_{c,x} \cdot t_{f,x}/3600}} \quad (10)$$

U okviru ovog obrasca figuriraju tri vrednosti, i to: konfliktni tok - $V_{c,x}$, interval sleđenja - $t_{f,x}$, i kritični interval sleđenja $t_{c,x}$. Uvrštavanjem ovih vrednosti u izraz 10(10), prema preporukama iz tabele 2 i prema vrednostima dobijenih prema postupku koji je opisan u tački 4.1 dobijaju se vrednosti potencijalnog kapaciteta svakog pojedinačnog manevra.

4.3. Određivanje vremenskih gubitaka i nivoa usluge

Kao i kod SNR i kod oba tipa NNR, vremenski gubici se računaju prema relacijama koje su date u HCM-u.

- *Vremenski gubici pojedinačnog manevra X*

$$d_x = \frac{3600}{C_{m,x}} + 900 \cdot T \cdot \left[\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{m,x}} \right) \left(\frac{V_x}{C_{m,x}} \right)}{450 \cdot T}} \right] + 5 \quad (11)$$

Gde su:

X – oznaka sporednog manevra;

V_x – veličina toka \mathbf{X} ;

$C_{m,x}$ – merodavni kapacitet za tok \mathbf{X} ;

T – vremenski interval za koji se posmatraju vremenski gubici ($T=1$ za satni interval odnosno 0,25 za 15-minutni interval).

- Vremenski gubici sporednog prilaza:

$$d_{pr} = \frac{V_l \cdot d_l + V_p \cdot d_p + V_d \cdot d_d}{V_l + V_p + V_d} \quad (12)$$

Gde su:

d_{pr} – vremenski gubici na prilazu;

V_l – intenzitet toka koji se kreće levo;

V_p – intenzitet toka koji se kreće pravo;

V_d – intenzitet toka koji se kreće desno;

d_l – vremenski gubici za levo skretanje;

d_p – vremenski gubici za kretanje pravo;
 d_d – vremenski gubici za desno skretanje.

- Kapacitet zajedničke trake:

Ukoliko tokovi na sporednom prilazu dele istu saobraćajnu traku, kapacitet se prema preporukama, računa na sledeći način:

$$C_{SH-l,p,d} = \frac{V_l + V_p + V_d}{\frac{V_l}{C_{m,l}} + \frac{V_p}{C_{m,p}} + \frac{V_d}{C_{m,d}}} \quad (13)$$

* Napomena - sve vrednosti koje se koriste u izrazu su prethodno definisane.

Nivo usluge se određuje na osnovu vremenskih gubitaka, koji su klasifikovani u 6 osnovnih grupa, od A do F, što je prikazano u sledećoj tabeli.

Tabela 3. Kriterijum nivoa usluge nesignalisanih raskrsnica.

Nivo usluge	Prosečni vremenski gubici (s/voz)
A	0 – 10
B	> 10 – 15
C	> 15 – 25
D	> 25 – 35
E	> 35 – 50
F	> 50

5. Zaključak

Trokrake NNR predstavljaju posebnu grupu NNR. Na putnoj i uličnoj mreži javljaju se dva posebna tipa ovih raskrsnica koje su u radu definisane kao NNR-N i NNR-W u skladu sa prostornim rasporednom glavnih i sporednih prilaza.

U okviru rada analizirana su oba tipa ovih raskrsnica i predložen je model proračuna kapaciteta i nivoa usluge koji je u potpunosti u skladu sa preporukama HCM-a (HCM 2000 i HCM 2010). Predloženi model za proračun kapaciteta je prilagođen specifičnostima NNR-N i NNR-W raskrsnica.

Predloženi model je univerzalan i može se primeniti na svim trokrakim NNR. Peporučene vrednosti intervala sleđenja u ovom radu definisane su na osnovu istraživanja u realnom saobraćajnom toku u Srbiji i BiH. Ukoliko se analiza vrši za raskrsnice u nekoj drugoj zemlji, preporuka autora je da se vrednosti ovih parametara provere lokalnim merenjem.

6. Literatura

- Bogdanović, V., Ruškić, N., Ivanović, B., & Dragić, D. (2013). Uslovi odvijanja saobraćaja na nestandardnoj nesignaliasanoj raskrsnici. *Mobilnost i sigurnost cestovnog prometa* (str. 20-30). Travnik: Internacionali Univerzitet Travnik.
- Bogdanović, V., Ruškić, N., Kulović, M., & Han, L. D. (2013). Toward a Capacity Analysis Procedure for Nonstandard TWSC Intersections. *TRB Annual Meeting* (str. 1-17). Washington D.C. USA: Transportation Research Board of The National Research Council.
- Bogdanović, V., Ruškić, N., Papić, Z., & Saulić, N. (2013). Analiza prioriteta kretanja vozila na nestandardnoj nesignalisanoj raskrsnici. *Savetovanje na temu saobraćajne nezgode* (str. 119-128). Zlatibor: Agencija Expert.
- Brilon, W., Koenig, R., & Troutbeck, R. J. (1999). Useful estimation procedures for critical gaps. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 33, 161-186.
- Đorđević, T., & Bogdanović, V. (2002). *Kapacitet putnih i uličnih ukrštanja prioritetne raskrsnice (novi koncept) – monografija*. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka.
- Gattis, J., & Low, S. T. (1999, May/June). Gap Acceptance at Atypical Stop-Controlled Intersections. *Journal of Transportation Engineering*, 201-207.
- Harders, J. (1968). *Die Leistungsfähigkeit nicht signalregelter städtischer Verkshsrsknoten* [Capacity of unsignalized urban intersections]. Bonn: Bundesminister für Verkehr.
- Highway Capacity Manual - Chapter 17 - Unsignalized Intersections*. (2000). Washington D.C.: Transportation Research Board of The National Research Council.
- Highway Capacity Manual - Chapter 19 - Two-Way Stop-Controlled Intersections*. (December 2010). Washington D.C: Transportation Research Board of The National Research Council.
- Highway Capacity Manual*. (1965). Washington D.C.: Transportation Research Board of The National Research Council.
- Highway Capacity Manual*. (1985). Washington D.C.: Transportation Research Board of The National Research Council.
- Highway Capacity Manual*. (1994). Washington D.C.: Transportation Research Board of The National Research Council.
- MUTCD. (2009). *Manual On Uniform Traffic Control Devices For Streets And Highways*. Washington D.C.: U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration.
- Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji. (2010). Beograd, Srbija: Ministarstvo Infrastrukture.
- Ruškić, N. Model proračuna kapaciteta nestandardnih nesignisanih raskrsnica – doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2013.
- Siegloch, W. (1973). Die leistungsermittlung an knotenpunkten ohne lichtsignalanlagen (Capacity calculations at unsignalized intersections). *Series Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*



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 13.3.5: У циљу верификације новог техничког решења предлажу се рецензенти:

- Др Синиша Сремац, доцент, ФТН
- Др Драженко Главић, доцен, Саобраћајни факултет Београд

МОДЕЛ ПРОРАЧУНА КАПАЦИТЕТА ТРОКРАКИХ НЕСТАНДАРДНИХ НЕСИГНАЛИСАНИХ РАСКРСНИЦА

Автори: Ненад Рушкић, Вук Богдановић, Валентина Басарић, Милица Миличић, Немања Гаруновић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:

Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Декан

Проф. др Раде Дорословачки

Na osnovu uvida u tekst tehničkog rešenja pod nazivom:

MODEL PRORAČUNA KAPACITETA TROKRAKIH NESTANDARDNIH NESIGNALISANIH RASKRSNICA

koje su uradili saradnici Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu (rukovodilac predloženog tehničkog rešenja je dr Nenad Ruškić, docent), a koje je nastalo na osnovu istraživanja obavljenih u okviru projekta **Modeli integracije transportnog sistema** kojeg finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije za period 2011 – 2015. godine (evidencijski broj 36024) i projekta **Modeli održivog razvoja saobraćaja u Vojvodini** kojeg finansira Pokrajinski sekretarijat za nauku i tehnološki razvoj AP Vojvodine za period 2011 – 2014. godine. Na osnovu uvida u tehničko rešenje sledi

RECENZIJA

U prvom poglavlju **Opis problema** autori su definisali pojam **trokrakih nestandardnih nesignalisanih raskrsnica (NNR)** i njihove najvažnije karakteristike i način regulisanja saobraćaja. U okviru ovog poglavlja definisana su dva osnovna tipa trokrakih NNR i razlike u karakteru i vrsti manevara u odnosu na standardne nesignalisane raskrsnice (SNR).

U drugom poglavlju pod nazivom **Analiza trokrakih nestandardnih nesignalisanih raskrsnica** autori opisuju glavne i sporedne manevre na trokrakim standardnim nesignalisanim raskrsnicama SNR i trokrakim NNR. U okviru ove tačke definisana su i bliže objašnjena dva posebna tipa trokrakih NNR. Prvi tip trokrake NNR-N je raskrsnica kod koje je severni prilaz sporedni, a istočni i južni prilaz glavni. Drugi tip je trokrak NNR-W kod koje je zapadni prilaz sporedni, a južni i istočni prilaz su glavni. Sve trokrake NNR mogu se predstaviti kroz ova dva tipa raskrsnica. Za trokaku NNR-N raskrsnicu i NNR-W raskrsnicu definisani su glavni i sporedni manevri i njihovi rangovi.

U trećem poglavlju predloženog tehničkog rešenja pod nazivom **Osnovni pojmovi o kapacitetu trokrakih nesignalisanih raskrsnica** autori su objasnili postpune koji se koriste u predloženom modelu za proračun kapaciteta trokrakih NNR. U okviru ovog poglavlja posebno je prikazan Haredersov matematički model i definisani su svi ulazni parametri, kao i bazne vrednosti osnovnih parametara saobraćajnog toka koji su neophodni za određivanje njihovog kapaciteta.

U četvrtom poglavlju pod nazivom **Model za proračun kapaciteta trokrakih NNR** opisuje se predloženi model i svi neophodni koraci u postupku proračuna. U posebnoj tački ovog poglavlja definisan je postupak proračuna konfliktnih tokova za sve sporedne manevre koji se mogu pojaviti na trokrakim NNR-N i NNR-W raskrsnicama. U narednoj tački ovog poglavlja dat je postupak za proračuna potencijalnog kapaciteta svih sporednih manevara

prema Hardersovom modelu, a u narednoj postupak za proračun vremenskih gubitaka koji su parametar za određivanje nivoa usluge.

U petom poglavlju pod nazivom **Zaključak** autori predloženog tehničkog rešenja izložili su zaključna razmatranja vezana za predloženi postupak proračuna kapciteta trokrakih NNR-N i NNR-W raskrsnica, mogućnost njegove primene u praksi, kao i preporuke za njegovu primenu.

U šestom poglavlju **Literatura** dati su literarni citati koje su autori koristili za potrebe izrade modela predloženog tehničkog rešenja.

Na osnovu izloženog, mišljenja sam da se ovako razvijeni model predloženog tehničkom rešenju pod nazivom **Model proračuna kapaciteta trokrakih nestandardnih nesignalisanih raskrsnica** predstavlja originalni postupak koji je vrlo značajan za analizu kapacititvih sposobnosti i nivoa usluge na svim tipovima trokrakih raskrsnica koje se mogu pojaviti na putnoj i uličnoj mreži. Kako predloženi model predstavlja originalni postupak koji ima primenljivost u praksi, predlažem da na osnovu odredaba *Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača* ovaj rad bude prihvaćen kao **tehničko rešenje** kategorije M83.

U Novom Sadu, 18.10.2015. godine,

Doc. dr Siniša Sremac, dipl. inž.



На основу увида у текст техничког решења под називом:

МОДЕЛ ПРОРАЧУНА КАПАЦИТЕТА ТРОКРАКИХ НЕСТАНДАРДНИХ НЕСИГНАЛИСАНИХ РАСКРСНИЦА

које су урадили сарадници Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду (руководилац предложеног техничког решења је др Ненад Рушкић, доцент) а које је настало на основу истраживања обављених у оквиру пројекта *Модели интеграције транспортног система* којег финансира Министарство просвете и науке Републике Србије за период 2011 – 2015. године (евиденциони број 36024) 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 и прегледа достављеног техничког решење следи:

РЕЦЕНЗИЈА

У првом поглављу *Опис проблема* аутори су дефинисали појам **трокраких нестандартних несигналисаних раскрсница ННР**, односно два типа ових раскрсница која се појављују на путној и уличној мрежи трокраку ННР-Н раскрсници и трокраку ННР-З раскрсницу. Истакнуте су и показане разлике овог типа раскрсница у односу на трокраке стандардне несигналисане раскрснице СНР и истакнути су основни разлози због којих се постојећи поступци за прорачун капацитета не могу применити на ННР. У оквиру овог поглавља приказани су и саобраћајни знаци који се користе за регулисање саобраћаја на трокраким ННР, као и изглед посебно дизајнираних допунских табли.

У другом поглављу под називом *Основни појмови о капацитetu трокраких несигналисаних раскрсница* аутори анализирају и описују све врсте маневара на трокракој ННР-С и ННР-З раскрсници. Приказане су разлике у карактеру и просторном распореду споредних маневара на ННР у односу на СНР, што је основни разлог немогућности примене идентичног поступка за прорачун капацитета. За оба типа ННР дефинисани су главни и споредни маневри и изршено је њихово рангирање у складу са просторним распоредом главних и споредних прилаза.

У трећем поглављу предложеног техничког решења под називом *Основни појмови о капацитetu трокраких несигналисаних раскрсница* аутори су описали и анализирали поступке за прорачун капацитета ННР. Приказани су математички модели, односно релације које се примењују у предложеном поступку прорачуна капацитета за оба

типа ННР. У даљем тексту истакнуто је да се вредности параметара саобраћајног тока на трокраким ННР битно разликују у односу на трокраке СНР.

У четвртом поглављу под називом **Модел за прорачун капацитета трокраких ННР** описује се предложени поступак прорачуна капацитета за трокраке ННР. У овом поглављу дате су и препоруке о вредностима интервала слеђења возила, на основу истраживања која су спроведена на оваквим раскрсницама. Поступак се спроводи у неколико корака, а сваки од њих је приказан у посебним тачкама. Тако је у првој тачки приказан поступак за прорачун величине конфликтних токова за све споредне маневре на основу специфичних карактеристика и распореда прилаза на ННР-С и ННР-З раскрсницама. Наредни корак представља прорачун потенцијалног капацитета свих споредних маневара према Хардерсовом моделу, а следећи је прорачун временских губитака и одређивање нивоа услуге.

У петом поглављу под називом **Закључак** аутори предложеног техничког решења дали су основна закључна разматрања везана за модел прорачуна капацитета ННР, могућност његове практичне примене и препоруке пројектантима.

У шестом поглављу **Литература** наведени су цитати који су коришћени приликом израде модела.

На основу изложеног, мишљења сам да техничко решење под називом **Модел прорачуна капацитета трокраких нестандардних несигналисаних раскрсница** представља оригиналан поступак заснован на резултатима сопственог истраживања аутора. Овај поступак има апсолутну практичну применљивост за анализу услова одвијања саобраћаја на трокраким нестандардним раскрсницама које су саставни део путне и уличне мреже. Из тог разлога мишљења сам да се предложени модел може сматрати новим поступком и предлажем да овај рад на основу одредаба **Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача** буде прихваћен као техничко решење категорије М83.

У Београду, 10.10.2015. године,

Доц. др Драгенко Главић, дипл. инж.



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:

17.2.16. Назив техничког решења:

МОДЕЛ ПРОРАЧУНА КАПАЦИТЕТА ТРОКРАКИХ НЕСТАНДАРДНИХ НЕСИГНАЛИСАНИХ РАСКРСНИЦА

Аутори: Ненад Рушкић, Вук Богдановић, Валентина Басарић, Милица Миличић, Немања Гаруновић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан



Проф. др Раде Дорословачки