Kontrola ulaza eliminiše konflikt vozila na izlazu iz dvotračne kružne raskrsnice

MILENKO R. ČABARKAPA, Fakultet za saobraćaj, komunikacije
i logistiku, Berane, Crna Gora

SMILJAN M. VUKANOVIĆ, Univezitet u Beogradu,
Saobraćajni fakultet, Beograd

Pregledni rad
UDC: 625.739

DOI: 10.5937/tehnika1505839C

U kružnoj raskrsnici se saobraćajni tokovi spajaju, prepliću i razdvajaju i na taj način stvaraju se konfliktne tačke i konfliktna područja. Broj konfliktnih tačaka i veličina konfliktnog područja kružne raskrsnice zavisi od tipa kružne raskrsnice i broja ulaznih i izlaznih saobraćajnih tokova. Distribucija nezgoda u kružnim raskrsnicama pokazuje znatno veći broj nezgoda kod dvotračnih kružnih raskrsnica, u odnosu na jednotračne kružne raskrsnice. Broj nezgoda na ulazu u dvotračnu kružnu raskrsnicu oko dva puta je veći od broja nezgoda na ulazu u jednotračnu kružnu raskrsnicu, što je proporcionalno sa skoro dva puta većim obimom ulaznog saobraćaja. Međutim, broj nezgoda u izlazu iz dvotračne kružne raskrsnice je sedam puta veći od broja nezgoda u izlazu iz jednotračne kružne raskrsnice i ne može se objasniti većim obimom saobraćaja. Ova analiza nezgoda pokazuje da su izlazi iz dvotračne kružne raskrsnice problem bezbjednosti saobraćaja, koji traži rješenje. Polazeći od stava da se kružna raskrsnica, u opštem funkcionalnom aspektu, može posmatrati kao input output system i postavljanjem bezbjednosti saobraćaja ciljem bez konkurencije u dvotračnoj kružnoj raskrsnici, generisan je model kontrole ulaza vozila u dvotračnu kružnu raskrsnicu koji eliminiše dominantni konflikt vozila na izlazu iz dvotračne kružne raskrsnice, izazvan presijecanjem putanje vozila koje izlazi iz kružne raskrsnice, sa putanjom drugog vozila koje cirkuliše nakon ulaza u kružnu raskrsnicu.

Cljučne riječi: dvotračna kružna raskrsnica, ulaz, izlaz, kontrola, konflikt vozila, ukrštanje, bezbjednost saobraćaja

1. UVOD

Kružna raskrsnica je saobraćajna kružna površina na kojoj se ukrštaju ili spajaju dva ili više puta.

Kružna raskrsnica je u primjeni od početka XX vijeka [1]. Prve kružne raskrsnice su bile dizajnirane da omoguće velike brzine i bile su regulisane sa pravilom da prvenstvo prolaza imaju vozila koja ulaze u kružnu raskrsnicu. Zbog čestih sudara vozila i ozbiljnih posljedica sudara, tradicionalne kružne raskrsnice su prestale da se primjenjuju.

Razvoj modernih kružnih raskrsnica započet je u Velikoj Britaniji, 1966 godine, usvajanjem dva osnovna pravila: ustupanje prvenstva prolaza vozilima koja su u kružnom jednosmjernom putu oko ostrva i uslovljenim smanjenjem brzine kretanja vozila na manje od 50 km/h, ograničenjem radijusa ostrva [2].

Moderne kružne raskrsnice su raskrsnice sa specifičnom kontrolom saobraćaja i dizajnom da indukuju ograničenje brzine i kontrolu ulaska vozila u raskrsnicu [2].

Kružne raskrsnice su kanalisane raskrsnice u kojima se ukrštaju dva ili više puteva na kojima se saobraćaj odvija kruženjem oko srednjeg ostrva u smjeru obrnutom od kazaljke na satu [3].

Kružna raskrsnica, kao raskrsnica sa kružnim tokom saobraćaja, se definiše kao zbir više pojedinačnih raskrsnica koje formira kružni jednosmjerni put oko ostrva, na kom se odvija saobraćaj u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu i putevi koji se sa njim spajaju i od njega razdvajaju [4].

Efekti u poboljšanju bezbjednosti saobraćaja konverzijom konvencionalnih u moderne kružne raskrsnice generisali su da se moderne kružne raskrsnice intenzivno grade posljednjih dvadesetak godina. U Holandiji, konverzijom konvencionalnih u moderne kružne raskrsnice smanjen je broj teških gubitaka za oko 46% [5]. Prema holandskom National Road registar

Adresa autora: Milenko Čabarkapa, Fakultet za saobraćaj, komunikacije i logistiku, Berane, Donje Luge bb
Rad primljen: 17.06.2015.
Rad prihvaćen: 19.08.2015.

(NVB) bilo je oko 3.900 kružnih raskrsnica u Holandiji u 2010 godini [5]. Kružne raskrsnice su postale jedan od najatraktivnijih tipova raskrsnica u Njemačkoj. Razlozi su prilično visoka bezbjednost u saobraćaju, mali vremenski gubici i popularnost među političarima i u javnosti [6]. Izgradnja modernih kružnih raskrsnica izražena je i u Crnoj Gori, gdje je u zadnjih 5 godina izgrađeno više od 20 kružnih raskrsnica, najviše u Podgorici [4]. Procjenjuje se da je danas u svijetu izgrađeno preko četrdeset hiljada kružnih raskrsnica [8].

Moderne kružne raskrsnice su kategorisane u skladu sa veličinom, okruženjem i brojem saobraćajnih traka u tri grupe [2] :

- mini kružne raskrsnice,
- kružne raskrsnice sa jednom trakom i
- kružne raskrsnice sa više traka.

Slika 1 - Definisanje tipova kružne raskrsnice Izvor: Brilon, 2011[6]

Ove grupe kružnih raskrsnica dalje se dijele na urbane, prigradske i ruralne.

Prema veličini prečnika kruga ostrva i maksimalnom kapacitetu prosječnog dnevnog saobraćaja, moderne kružne raskrsnice su kategorisane u četiri grupe, slika 1. [6]:

- mini kružne raskrsnice,
- kružne raskrsnice sa jednom trakom (gradske i vangradske),
- kružne raskrsnice sa dvije trake i
- kružne raskrsnice sa više traka.

U poređenju sa konvencionalnim raskrsnicama, najvažnije prednosti kružnih raskrsnica su u manjem broju sudara vozila i manje ozbiljnim i smrtonosnim povredama lica u sudarima vozila, naročito lica u vozilima [1]. Studije u SAD, Evropi i Australiji su otkrile da su jednostrane kružne raskrsnice najbezbjednije. Bezbjednost saobraćaja u malim i srednjim kružnim raskrsnicama je bolja od bezbjednosti u velikim i višetraknim kružnim raskrsnicama [2].

Danas, razvojem strategija i akcionih planova poboljšanja bezbjednosti saobraćaja, kružna raskrsnica je

postala paradigma u izboru pristupa smanjenja broja sudara vozila na raskrsnicama, jer generiše smanjenje manifestacije dva dominantna uzroka sudara vozila: pojednostavljenjem regulisanja prvenstva prolaza i uslovljenim smanjenjem brzine kretanja vozila [7].

Izbor kružne raskrsnice iz širokog spektra mogućih kategorija i grupa opredjeljuje balansiranje konkurentnih ciljeva. Pri tome se osim primarnih saobraćajnih ciljeva: bezbjednost, protočnost, provoznost, dostupnost korisnicima, vrjednuju i sekundarni ciljevi: ekonomičnost, korišćenje zemljišta, estetika, ekologija.

Postavljanjem bezbjednosti saobraćaja ciljem bez konkurencije u dvotračnoj kružnoj raskrsnici formulisana je hipoteza: „kontrola ulaza eliminiše konflikt vozila ukrštanjem na izlazu iz dvotračne kružne raskrsnice”.

U ovom radu prezentuje se model kontrole ulaza vozila u dvotračnu kružnu raskrsnicu koji potvrđuje postavljenu hipotezu. Model je generisan zahtjevom da se eliminiše dominantni tip sudara vozila na izlazu iz dvotračne kružne raskrsnice, koji je izazvan ukrštanjem vozila koje izlazi iz kružne raskrsnice sa drugim vozilom koje cirkuliše nakon ulaza u kružnu raskrsnicu.

2. KRUŽNA RASKRSNICA

Kružna raskrsnica, u opštem funkcionalnom aspektu, može se posmatrati kao input output system (slika 2.)

Slika 2 - Kružna raskrsnica: input output system. Izvor: autori

2.1. Funkcionalni elementi kružne raskrsnice

2.1.1. Saobraćajni funkcionalni elementi kružne raskrsnice

Ulazni saobraćajni tok vozila koji čini jednosmjerno kretanje vozila, ulivanjem na kružni jednosmjerni put oko ostrva, sa puteva koji se sa njim spajaju.

Kružni saobraćajni tok vozila koji čini jednosmjerno kretanje vozila kružnim jednosmjernim putem oko ostrva, u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu.

Izlazni saobraćajni tok vozila koji čini jednosmjerno kretanje vozila, izlivanjem sa kružnog jednosmjernog puta oko ostrva, na puteve koji se od njega razdvajaju.

2.1.2. Fizički funkcionalni elementi kružne raskrsnice

2.1.2.1. Kružni jednosmjerni put oko ostrva

Slika 3 - Fizički funkcionalni elementi kružne raskrsnice kružne raskrsnice u Izvor: Čabarkapa, 2015 [4]

Kružni jednosmjerni put oko ostrva treba da obezbijedi jednosmjerni kružni saobraćajni tok vozila oko ostrva i čini ga jedna, dvije ili više saobraćajnih traka (slika 3).

2.1.2.2. Ostrvo

Ostrvo je uzdignuta fizička prepreka, postavljeno u sredini kružne raskrsnice, koje uslovljava vožnju kružnim jednosmjernim putem i omogućava prepoznavanje saobraćajnoj mreži.

2.1.2.3. Priključci puteva koji se spajaju sa kružnim jednosmjernim putem oko ostrva i isključci puteva koji se od njega razdvajaju

Priključci puteva koji se spajaju sa kružnim jednosmjernim putem oko ostrva i isključci puteva koji se od njega razdvajaju, treba da obezbijede jednosmjerno kretanje vozila, ulivanjem na kružni jednosmjerni put oko ostrva, sa puteva koji se sa njim spajaju i izlivanjem sa kružnog jednosmjernog puta oko ostrva, na puteve koji se od njega razdvajaju (slika 3).

Priključci i isključci puteva oblikuju se razdjelnim ostrvom, uzdignutom fizičkom preprekom ili obilježnim poljem, postavljenim u sredini puteva koji se spajaju sa kružnim jednosmjernim putem oko ostrva i od njega razdvajaju i koristi se za odvajanje ulaznog i izlaznog saobraćajnog toka vozila. Priključci i isključci puteva mogu imati jednu, dvije ili više saobraćajnih traka.

3. KONFLIKT U KRUŽNOJ RASKRSNICI

Kružna raskrsnica je saobraćajna kružna površina na kojoj se saobraćajni tokovi spajaju, prepliću i razdvajaju i na taj način stvaraju se konfliktna tačke i konfliktna područja. Broj konfliktnih tačaka i veličina konfliktnog područja kružne raskrsnice zavisi od tipa

kružne raskrsnice i broja ulaznih i izlaznih saobraćajnih tokova.

Veći broj konfliktnih tačaka i veće konfliktno područje smanjuju bezbjednost saobraćaja u kružnoj raskrsnici. Kružna četvorokraka raskrsnica dvosmjernih jednotračnih puteva ima 8 potencijalnih konfliktnih tačaka (0 ukrštanja, 4 spajanja i 4 razdvajanja), (slika 4.). Kružna četvorokraka raskrsnica dvosmjernih dvotračnih puteva (tipična dvotračna kružna raskrsnica) ima 24 potencijalne konfliktna tačke (4 ukrštanja, 12 spajanja i 8 razdvajanja) i 4 konfliktna područja preplitanja (slika 5).

Slika 4 - Konflikt vozila u jedno-tračnoj kružnoj raskrsnici, izvor: autor

Slika 5 - Konflikt vozila u dvotračnoj kružnoj raskrsnici, izvor: autor

Tabela 1. Distribucija nezgoda kod jedno i dvo-tračnih ulaza/izlaza, izvor: Leemann, 2009 [9]

	Number of entries / exits	ϕ accidents/year
One-lane entry	18	0.36
Two-lane entry	39	0.67
One-lane exit	47	0.10
Two-lane exit	9	0.72

Distribucija nezgoda u kružnim raskrsnicama pokazuje znatno veći broj nezgoda kod dvotračnih kružnih raskrsnica u odnosu na jednotračne kružne raskrsnice. Broj nezgoda na ulazu u dvotračnu kružnu raskrsnicu veći je skoro dva puta u odnosu na broj nezgoda na ulazu u jednotračnu kružnu raskrsnicu [9].

Uz pretpostavku da je obim saobraćaja u ulazu u dvotračnu kružnu raskrsnicu oko dva puta veći, nego u ulazu u jednotračnu kružnu raskrsnicu, broj nezgoda u ulazu u kružnu raskrsnicu je skoro na istom nivou u jednotračnoj i dvotračnoj kružnoj raskrsnici. Međutim, broj nezgoda u izlazu iz dvotračne kružne raskrsnice je sedam puta veći od broja nezgoda u izlazu iz jednotračne kružne raskrsnice [9].

Ova razlika se ne može objasniti većim obimom saobraćaja. Zato ova analiza nezgoda pokazuje da su izlazi iz dvotračne kružne raskrsnice problem bezbjednosti saobraćaja, koji traži rješenje.

4. KONFLIKT VOZILA UKRŠTANJEM NA IZLAZU IZ DVOTRAČNE KRUŽNE RASKRSNICE

Konflikt vozila ukrštanjem na izlazu iz dvotračne kružne raskrsnice je dominantni konflikt u dvotračnoj kružnoj raskrsnici i izazvan je presijecanjem putanje vozila koje izlazi iz kružne raskrsnice, sa putanjom drugog vozila koje cirkuliše nakon ulaska u kružnu raskrsnicu.

Tipična dvotračna kružna raskrsnica ima ulazni saobraćajni tok vozila namjenom desne saobraćajne trake za smjerove kretanja: desno i pravo i namjenom lijeve saobraćajne trake za smjerove kretanja: pravo i lijevo (slika 6.a). Pri ovakvom regulisanju ulaznog saobraćajnog toka, osim konflikta na ulazu i konflikta u raskrsnici u preplitanju, postoji i konflikt na izlazu (slika 6.b.)

a) dozvoljeni smjerovi na ulazu

b) konflikt cirkulisanje-izlaz

Slika 6 - Tipična dvotračna kružna raskrsnica. Izvor: autori

Slika 7 - Tipična dvotračna kružna raskrsnica: input output system. Izvor: autori

Polazeći od stava da se kružna raskrsnica, u opštem funkcionalnom aspektu, može posmatrati kao input output system i postavljanjem bezbjednosti saobraćaja ciljem bez konkurencije u dvotračnoj kružnoj raskrsnici formulisana je hipoteza: „kontrola ulaza eliminiše konflikt vozila ukrštanjem na izlazu iz dvotračne kružne raskrsnice”.

Za testiranje ove hipoteze postavljena je kontrola ulaznog saobraćajnog toka vozila namjenom desne saobraćajne trake samo za smjer: desno i namjenom lijeve saobraćajne trake za smjerove kretanja: pravo i lijevo (slika 8). Kada se ovaj pristup kontrole ulaska primijeni na svim priključcima puteva koji se spajaju sa kružnim jednosmjernim putem oko ostrva, uz oblikovanje razdjelnog ostrva uvlačenjem u kružni jednosmjerni put oko ostrva za širinu spoljnje trake, dobija se model kontrole ulaska vozila u dvotračnu kružnu raskrsnicu koji potvrđuje postavljenu hipotezu (slika 9).

Slika 8 - Kontrola ulaza u dvotračnu kružnu raskrsnicu: input output system. Izvor: autori

a) dozvoljeni smjerovi na ulazu

b) eliminisanje konflikta cirkulisanje-izlaz

Slika 9 - Kontrola ulaza u dvotračnu kružnu raskrsnicu. Izvor: autori

Slika 10 - Konflikt vozila u kontrolisanoj dvotračnoj kružnoj raskrsnici Izvor: autori

Time se broj konfliktnih tačaka u dvotračnoj kružnoj raskrsnici smanjuju na 8 (0 ukrštanja, 4 spajanja i 4 razdvajanja) i 4 konfliktna područja preplitanja se eliminišu, čime se izjednačava sa brojem konfliktnih tačaka u jednotračnoj kružnoj raskrsnici (slika 10.).

5. ZAKLJUČAK

Distribucija nezgoda u kružnim raskrsnicama pokazuje da su izlazi iz dvotračne kružne raskrsnice problem bezbjednosti saobraćaja, koji traži rješenje. Pošto

ne postoji apsolutno optimalno rješenje, ovaj rad razrađuje principe i tehnike traženja rješenja postavljanjem bezbjednosti saobraćaja ciljem bez konkurencije u dvotračnoj kružnoj raskrsnici, polazeći od stava da se kružna raskrsnica, u opštem funkcionalnom aspektu, može posmatrati kao input output system i da se kontrolom ulaza može eliminisati konflikt vozila ukrštanjem na izlazu iz dvotračne kružne raskrsnice.

Primjena ovog principa i tehnike traženja rješenja generisala je model kontrole ulaza vozila u dvotračnu kružnu raskrsnicu koji eliminiše dominantni konflikt vozila na izlazu iz dvotračne kružne raskrsnice, izazvan presijecanjem putanje vozila koje izlazi iz kružne raskrsnice, sa putanjom drugog vozila koje cirkuliše nakon ulaza u kružnu raskrsnicu.

Pri ovakvoj kontroli ulaza, broj konfliktnih tačaka u dvotračnoj kružnoj raskrsnici smanjuje se sa 24 (4 ukrštanja, 12 spajanja i 8 razdvajanja) na 8 potencijalnih konfliktnih tačaka (4 spajanja i 4 razdvajanja) i 4 konfliktna područja preplitanja se eliminišu, pa se izjednačava sa brojem potencijalnih konfliktnih tačaka u jednotračnoj kružnoj raskrsnici.

REFERENCES

- [1] U. S. Department of Transportation, FHWA (2000), Roundabouts: an informational guide, Publication No FHWA-RD-00-067, www.fhwa.dot.gov/publications/.../00067/10.02.2015.
- [2] U. S. Department of Transportation, FHWA, NCHRP (2010), Roundabouts: an informational guide - second edition, Report-672, http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_672.pdf, 10.02.2015.
- [3] Kenjić, Z. (2013). Izbor tipa raskrsnice primjenom multikriterijske analize. www.veleri.hr/.../Kenjic_Zoran_Izbor_tipa_raskr... 01.02.2015.
- [4] Čabarkapa, M. Opasna situacija u saobraćajnim nezgodama sudara vozila u kružnoj raskrsnici, Zbornik radova XIV Simpozijuma Veštačenje saobraćajnih nezgoda i prevare u osiguranju, 155-164, Saobraćajni fakultet Beograd, Traffic safety group, Beograd, Perućac, 2015.
- [5] SWOV Fact sheet (2012), Roundabouts, Leidschendam, the Netherlands, http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/UK/FS_Roundabouts.pdf, 05.02.2015.
- [6] Brilon, W. (2011). Studies on Roundabouts in Germany: Lessons Learned, www.ruhr-uni-bochum.de/.../Brilon_roundabouts.. 12.02.2015.

- [7] Čabarkapa, M, et al Strategic analysis of national data of traffic accidents- case study of Montenegro, International conference Road safety strategic management, 65-80, Budva, FSKL, Berane, 2014.
- [8] Omazić, I. Dimter, S. Barišić, I. (), Kružna raskrižja – suvremeni način rješavanja prometa u gradovima, e-gfos.gfos.hr/.../kruzna-raskrizja-suvremeninaci.08.02.2015.
- [9] Leemann, N.(2009), Two-lane roundabouts - STRC | Swiss Transport Research .www.strc.ch/conferences/2009/Leemann.pdf, 01.02.2015.
- [10] D. Mitić, S. Vukanović, Kružne raskrsnice, YU ISBN 86-80897-77-9, Saobraćajni fakultet 1990.

SUMMARY

ENTRANCE CONTROL ELIMINATES A CONFLICT OF VEHICLES AT THE EXIT OF THE TWO-LANE ROUNDABOUT

Traffic flows are merged, overlapped and separated in a roundabout and thus creates a conflict spots and conflict zones. Number of conflict spots and the size of the conflict area of roundabout depends on the roundabout type and the number of incoming and outgoing traffic flows. Distribution of accidents in roundabouts shows a significantly higher number of accidents at the two-lane roundabouts, compared to the single-roundabout. The number of accidents at the entrance of the two-lane roundabout is approximately two times higher than the number of accidents at the entrance to the single-lane roundabout, which is commensurate with nearly two times larger volume of inbound traffic. However, the number of accidents at the exit of the two-lane roundabout is seven times greater than the number of accidents at the exit of the single-roundabout and could not be explained by the higher volume of traffic. This analysis of accidents shows that exits of the two-lane roundabout are road safety problem, which requires a solution. Starting from the premise that roundabout, in general functional aspect, could be seen as an input output system, and setting up road safety goal without competition in the two-lane roundabout, the model of the vehicles' entrance control in the two-lane roundabout is generated. It eliminates the dominant conflict of vehicles at the exit of the two-lane roundabout, caused by cutting the path of the vehicle exiting the roundabout, with the path of another vehicle that circulated after entering the roundabout.

Key words: two-lane roundabout, entrance, exit, control, vehicles' conflict crossing, road safety