

ISTRAŽIVANJE KARAKTERISTIKA PONAŠANJA PEŠAKA NA NESIGNALISANIM PEŠAČKIM PRELAZIMA

dr Jelena Mitrović Simić, dipl.inž.saob.

dr Vuk Bogdanović, dipl.inž.saob.

dr Valentina Basarić, dipl.inž.saob.

mr Nenad Saulić, dipl.inž.saob.

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

Pregledni rad

Rezime: Jedna od najrizičnijih radnji sa kojom se susreću pešaci u saobraćaju je prelazak preko kolovoza. Iz tog razloga se na raskrsnicama ili drugim delovima ulične mreže definišu pešački prelazi kao posebne površine koje su namenjene za prelazak pešaka. U radu je izvršena analiza pešačkih intervala prilikom prelaska pešaka na nesignalisanom pešačkom prelazu Fruškogorskoj ulici u Novom Sadu. Na osnovu prikupljenih podataka o prihvaćenim i odbijenim intervalima prilikom prelaska pešaka urađena je statistička analiza i poređenje vrednosti intervala koji su prihvaćeni od strane pešaka i kritičnog intervala, odnosno minimalno potrebnog da se bezbedno pređe kolovoz. Pored toga, u radu je izvršena analiza prihvaćenih intervala u zavisnosti od pola pešaka, kao i u zavisnosti da li pešak kolovoz prelazi kao pojedinac ili u grupi.

Ključne reči: kritični interval, prihvaćeni interval, odbijeni interval.

THE RESEARCH OF PEDESTRIAN BEHAVIOUR CHARACTERISTICS AT UNSIGNALIZED CROSSINGS

Simic Jelena Mitrovic, Ph.D., B.Sc.Tr.Eng.

Vuk Bogdanović, Ph.D., B.Sc.Tr.Eng.

Valentina Basarić, Ph.D., B.Sc.Tr.Eng.

Nenad Šaulić, M.Sc., B.Sc.Tr.Eng.

Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

Review paper

Abstract: One of the biggest risks pedestrians meet in traffic is going across the road. For that reason, at intersections and other parts of street networks, pedestrians' crossings are defined as special areas designated for pedestrians' crossing. The paper presents analysis of pedestrian intervals when pedestrian go across the road at unsignalized crossing at Fruškogorska Street in City of Novi Sad. On the basis of collected data, statistical analysis of accepted and rejected intervals was performed, as well as comparison of the values of the accepted and the critical interval, or the minimum required time for pedestrian to safely cross the road. Also, accepted intervals were analysed in relation to gender characteristics and the number of pedestrians who go across the road.

Key words: critical interval, accepted interval, rejected interval.

1. UVOD

Najkritičnija mesta na pešačkim saobraćajnicama su mesta gde se pešački tokovi presecaju sa tokovima vozila. Iz tog razloga se na putu definišu pešački prelazi kao posebne površine koje pešaci mogu da koriste za prelazak kolovoza.

Ponašanje pešaka i vozača na nesignalisanim pešačkim prelazima direktno utiče na nivo usluge (NU) pešačkih tokova. Naime, čekanje pešaka da pređu kolovoz uzrokuje vremenske gubitke koji su osnovni parametar za određivanje NU pešačkih tokova [1,2]. Međutim, zaustavljanje vozila ispred nesignalisanih pešačkih prelaza takođe dovodi do pojave vremenskih gubitaka, što utiče na NU za vozila [3]. Donošenje odluke pešaka o prelasku kolovoza zavisi od velikog broja faktora kao što su starost i pol pešaka, ponašanje vozača u prilaznom toku, karakteristika vozila koja se približavaju pešačkom prelazu, geometrije puta, izgrađenosti uličnog okruženja itd [4].

Za svaki pešački prelaz se može utvrditi vrednost kritičnog intervala, odnosno minimalno potrebnog vremena da pešak bezbedno pređe kolovoz određenom brzinom kretanja. Kada se pešak nađe ispred pešačkog prelaza, on na osnovu informacija koje dobija praćenjem saobraćajne situacije procenjuje da li je raspoloživo vreme - interval do pristizanja nailazećeg vozila do pešačkog prelaza dovoljan da u postojećim uslovima bezbedno pređe preko kolovoza. Ova procena direktno utiče na donošenje odluke o prihvatanju ili odbijanju raspoloživog intervala sleđenja. Pešak za svaku konkretnu saobraćajnu situaciju, pre donošenja odluke o prelasku kolovoza, procenjuje svaki raspoloživi interval i prihvata one koji su prema njegovoj proceni duži od kritičnog, odnosno minimalno potrebnog da se bezbedno pređe kolovoz. Prihvaćeni i odbačeni intervali od strane pešaka formiraju jedinstven skup koji se može koristiti za statističku analizu.

2. KARAKTERISTIKE PONAŠANJA PEŠAKA NA PEŠAČKOM PRELAZU

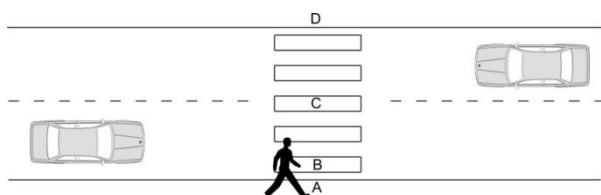
Proces prelaska pešaka preko kolovoza se definiše na osnovu subjektivnih, odnosno individualnih osobina pešaka, koji su u interakciji sa objektivnim faktorima (lokacija, gustina saobraćaja, brzina vozila, interval sleđenja vozila). Prilikom analize ponašanja pešaka i vozača koji u motornim vozilima prilaze pešačkom prelazu, posebna pažnja se usmerava na sledeća obeležja:

- Demografske karakteristike učesnika (pol, starosno doba),
- Vreme čekanja/donošenja odluke za prelazak,
- Brzina pešaka i vozila,
- Kategorija i položaj vozila u odnosu na pešaka,
- Rizično ponašanje pešaka pri prelasku.

Proces prelaska pešaka u slučaju da je interval prihvaćen sastoji se od sledećih postupaka:

- Dolazak pešaka do mesta koje želi preći,
- Proces čekanja pogodnog intervala za prelazak,
- Proces prelaska kolovoza,
- Stupanje na suprotnu ivicu kolovoza.

Ovakav proces važi za prelazak kolovoza bez razdelnog ostrva, što je prikazano na Slici 1.



Slika 1. Prelezak kolovoza bez razdelnog ostrva

Da bi se analizirale karakteristike prihvaćenih intervala, potrebno je upoznavanje sa pojmovima i definisanje nekoliko karakterističnih vrsta intervala [5,6]. Postoje intervali koji se definišu u odnosu na karakteristike lokacije: „odgovarajući“ (eng: „adequate“) i „kritični“ (eng: „critical“) kao i intervali koji zavise od uslova u trenutku kada pešak pokušava da izvrši prelazak preko pešačkog prelaza: „raspoloživi“ (eng: „available“), „prihvaćeni“ (eng: „accepted“) i „odbaćeni“ (eng: „rejected“).

Raspoloživi interval predstavlja vreme koje je potrebno nailazećem vozilu da pristigne do pešačkog prelaza. Ovaj vremenski interval je uporedni kriterijum na osnovu koga pešak donosi odluku da li će započeti prelazak kolovoza ili ne, odnosno da li će ponuđeni vremenski interval prihvatiti ili ne. Ako pešak prihvati raspoloživi interval, tj. započne prelazak kolovoza, onda raspoloživi interval postaje prihvaćeni interval. U suprotnom slučaju, raspoloživi interval postaje odbaćeni interval. Odgovarajući interval ili kritični interval za svaku lokaciju se određuje na osnovu širine pešačkog prelaza i brzine kretanja pešaka i odgovarajuće početne vrednosti, odnosno vremena kašnjenja. Treba naglasiti da se u proračunu koristi aproksimativna brzina kretanja pešaka, iako se stvarna brzina svakog pešaka razlikuje zbog starosti, fizičke sposobnosti i ostalih lokacijskih uslova. Poređenje vrednosti prihvaćenog i kritičnog intervala se koristi kao jedan od kriterijuma na osnovu koga se definiše bezbedan prelazak pešaka preko kolovoza [7].

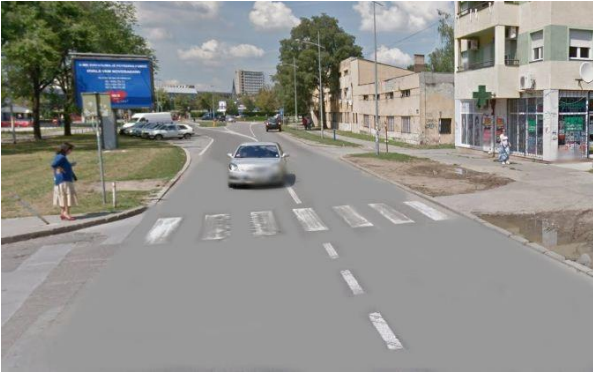
Vreme čekanja pešaka na prelazak kolovoza je jedan od parametara koji se analizira u istraživanjima. Ukoliko vreme čekanja raste, pešaci postaju nestrpljiviji i prihvataju kraće intervale za prelazak. Dosadašnja istraživanja su pokazala da verovatnoća prihvatanja manjeg vremenskog intervala za prelazak kolovoza od strane pešaka raste sa porastom propuštenih prilika za prelazak [8]. Posmatrajući individualne karakteristike pešaka, kao što je pol, u istraživanjima je dokazano da žene imaju veće vremenske gubitke u odnosu na muškarce, odnosno da 27% duže čekaju na prelazak kolovoza [9,10,11].

Brzina kretanja pešaka muškaraca je veća u odnosu na žene, a vreme prelaska kraće [12,13]. Istraživanja koja su sprovedena na području Azije, pokazala su da pešaci koji se kreću u grupi biraju kraće intervale, odnosno da je njihovo ponašanje u grupi agresivnije, a proces prelaska kolovoza je rizičniji. Autori ovakav rezultat objašnjavaju činjenicom da se pešaci koji se nalaze u grupi osećaju zaštićenijim, pa iz tog razloga nastupaju agresivnije [14,15]. Uzimajući u obzir činjenicu na potpuno drugačije uslove odvijanja saobraćaja, propise, navike, kao i saobraćajnu kulturu, rezultati istraživanja koje je sprovedeno na području Evrope dali su potpuno drugačije rezultate od istraživanja vršenih u Aziji. Naime, autori Yanis i dr. [16] su došli do zaključka da pešaci koji su u grupi prilikom prelaska kolovoza biraju veće intervale za prelazak, u odnosu na pešake koji individualno prelaze kolovoz.

Statistička analiza parametra koji utiču na proces prihvatanja intervala za prelazak kolovoza od strane pešaka omogućava formiranje matematičkih modela kojima se procenjuje verovatnoća prihvaćenog intervala prelaska. Za procenu prihvaćenih i odbijenih intervala najčešće se koristi logistička (logit) kriva koja predstavlja verovatnoću prihvatanja intervala određene dužine. Na ovaj način za određeni procenat pešačke populacije može se odrediti prihvatljivi pešački interval [16,17].

3. METOD I POSTUPAK ISTRAŽIVANJA

U cilju prikupljanja relevantnih podataka koji bi služili za formiranje odgovarajuće baze sprovedeno je istraživanje na nesignalisanom pešačkom prelazu u Fruškogorskoj ulici u Novom Sadu. Saobraćajnica se sastoji od dve saobraćajne trake, širine po 3,5 m, a saobraćaj se odvija dvosmerno. Širina pešačkog prelaza je 3m. Ovakve saobraćajnice i pešački prelazi su veoma česti na uličnoj mreži gradova u Srbiji.



Slika 2. Izgled pešakog prelaza u Fruškogorskoj ulici u Novom Sadu

Osnovni parametri potrebni za analizu su: vreme čekanja pešaka na prelazak, brzina prelaska, dužine prihvaćenih i odbijenih intervala. Svi navedeni parametri su dobijeni lokalnim merenjem uz uvažavanje svih specifičnosti vezanih za ponašanje učesnika u karakterističnim saobraćajnim situacijama. Prikupljanje podataka o vrednosti parametara vršeno je metodom analize video snimaka koji su sačinjeni na izabranoj lokaciji. Snimanje je izvršeno u martu 2015. godine u periodu jutarnjeg vršnog sata (10:00-11:00). Snimci su analizirani u odgovarajućem softveru koji se koristi za obradu video zapisa. Analiza video zapisa je omogućila i prikupljanje podataka o intervalima pešaka prilikom prelaska kolovoza.

Za potrebe analize evidentirani su sledeći vremenski preseći:

- t_1 : vreme dolaska pešaka na pešački prelaz
- t_2 : vreme kada je pešak započeo prelazak preko kolovoza
- t_3 : vreme kada je pešak završio prelazak preko kolovoza
- t_4 : vreme nailaska vozila čeonim delom na pešački prelaz.

Tabela 1. Podaci dobijeni nakon snimanja prelazaka pešaka

	Muškarci	Žene	Jedan pešak	Grupa pešaka	Prosečno
Vreme čekanja [s]	4,06	3,9	3,24	6,41	3,98
Vreme prelaska [s]	5,02	5,37	5,12	5,39	5,2
Brzina prelaska [m/s]	1,5	1,4	1,48	1,34	1,45
85% prihvaćeni [s]	8,11	6,88	7,41	8,01	7,56
85% odbijeni [s]	3,797	4,66	3,79	4,67	4,12
t_c kritični interval [s]					7,83

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U toku jutarnjeg vršnog sata (od 10:00-11:00) evidentirano je 199 pešaka i 1092 PAJ/h. Analizom video zapisa za jedan sat zabeleženo je 56 prelazaka, od čega su 43 prelaska bila od strane

Na osnovu prikupljenih podataka izračunati su vremenski gubici pešaka usled čekanja na pešačkom prelazu (t_2-t_1) i vreme koje je potrebno pešaku da pređe kolovoz (t_3-t_2), pomoću koga je izračunata i prosečna brzina kretanja pešaka, s obzirom da je poznata dužina pešačkog prelaza.

Kritični interval za lokaciju je određen tako što je udaljenost koju pešak treba da pređe podeljena sa brzinom pešaka i na tu vrednost se dodalo odgovarajuće startno vreme (3 s).

Prihvaćeni intervali su dobijeni kao razlika vremena kada je pešak započeo prelazak i vremena nailaska vozila čeonim delom na početak pešačkog prelaza.

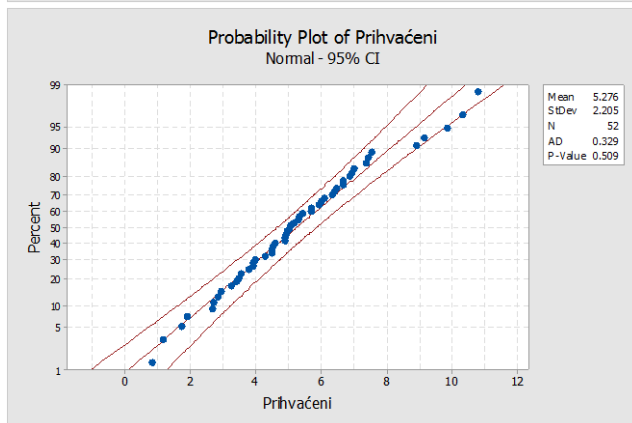
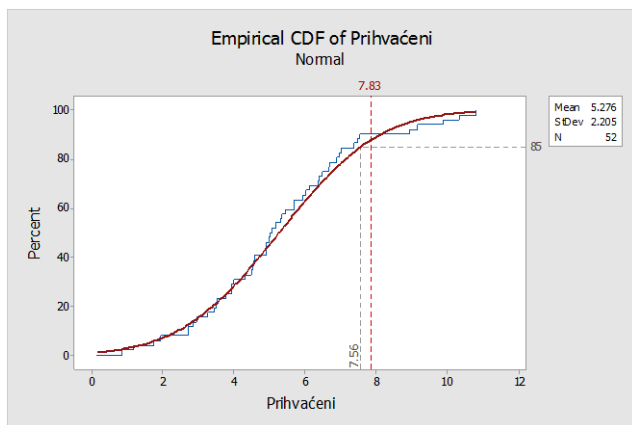
Odbijeni intervali su računati kao razlike vremena prolaska dva vozila koja se slede preko pešačkog prelaza, u slučajevima dok je pešak stajao na ivici kolovoza i čekao na prelazak kolovoza.

Odbijeni intervali manji od 1 s su prema preporukama iz ranijih istraživanja isključeni iz analize, zbog pretpostavke da ovi intervali nisu prihvatljivi ni za jednog pešaka, jer su nastali u situacijama nailaska vozila i pešaka na pešački prelaz u približno istom vremenskom trenutku.

Analogno tome, svi prihvaćeni intervali veći od 12 s su odbačeni, zbog pretpostavke da su ovi intervali prihvatljivi za svakog pešaka [7,16,17].

Za svaki prelazak pešaka evidentirano je da li je pešak bio sam na pešačkom prelazu, ili je u pitanju bila grupa pešaka, a od individualnih karakteristika pešaka, evidentirana je polna pripadnost.

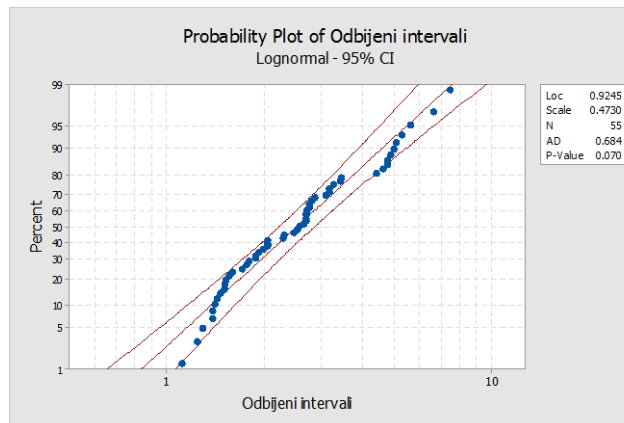
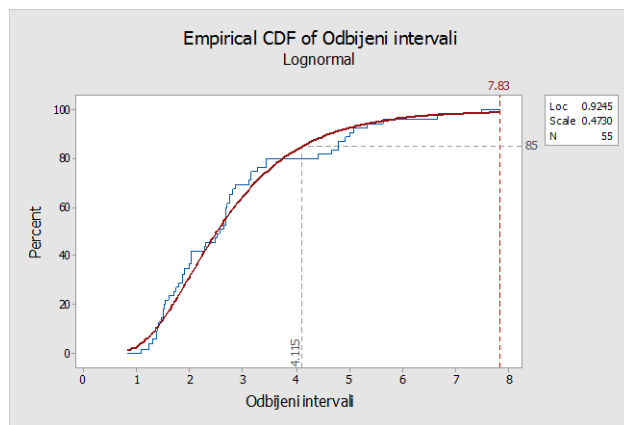
pešaka koji su kolovoz prelazili sami, dok su ostali prelasci realizovani u grupi (13). Evidentirano je ukupno 109 intervala, od čega 52 prihvaćena i 57 odbijenih. U Tabeli 1 su dati svi podaci dobijeni nakon formiranja baze podataka na osnovu kojih je vršena dalja analiza.



Slika 3. Kumulativna raspodela prihvaćenih intervala

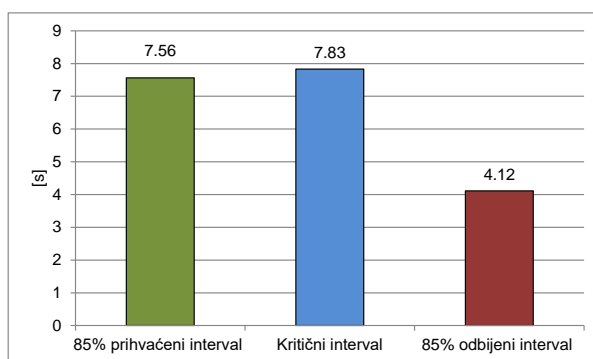
U skladu sa preporukama iz sličnih istraživanja [7,8] kao reprezentativne vrednosti, uzete su 85% vrednost prihvaćenih i odbijenih intervala. Na Slici 3 prikazana je kumulativna raspodela prihvaćenih intervala, pri čemu 85% vrednosti iznosi 7,83 s. Prihvaćeni intervali imaju normalnu raspodelu ($p=0,509$).

Od 57 odbijenih intervala, 2 intervala su bila manja od 1 s, tako da su oni izuzeti iz dalje analize. Na Slici 4 je prikazana kumulativna raspodela odbijenih intervala, pri čemu je 85% vrednost odbijenih intervala 4,12 s. Statistička analiza je pokazala da se odbijeni intervali ponašaju po lognormalnoj raspodeli ($p=0,070$).



Slika 4. Kumulativna raspodela odbijenih intervala

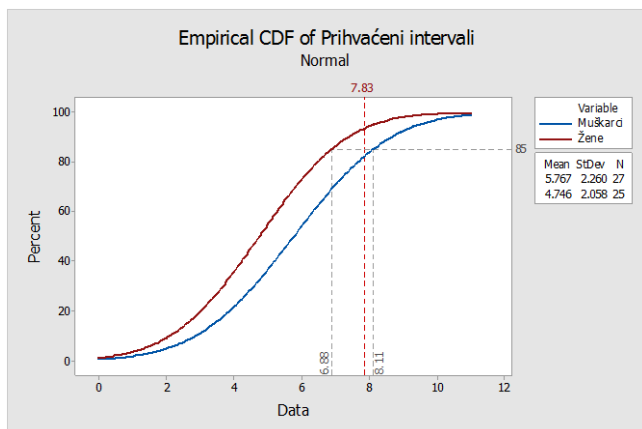
Na Slici 5 se vidi da je 85% vrednost prihvaćenog intervala približno ista kao i vrednosti kritičnog intervala za posmatranu lokaciju. Međutim, analizom dužine svih evidentiranih intervala utvrđeno je da je čak 87,7% od svih prihvaćenih intervala bilo kraće od kritičnog, odnosno samo 12,3% je bilo duže od 7,83 s koliko predstavlja vrednost kritičnog intervala.



Slika 5. Uporedni prikaz vrednosti prihvaćenog, odbijenog i kritičnog intervala

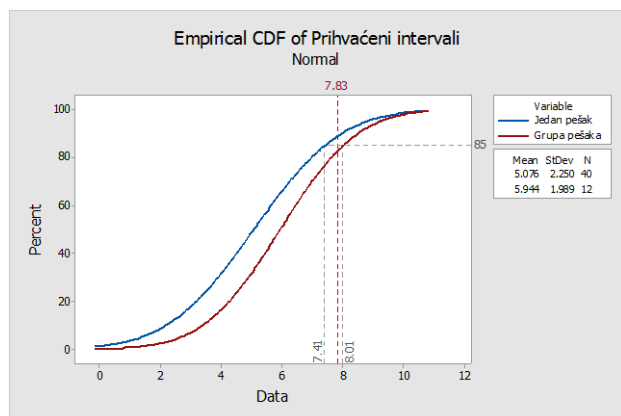
Analizom kumulativne raspodele prihvaćenih intervala u odnosu na pol pešaka utvrđeno je da žene biraju kraće intervale za prelazak preko kolovoza u odnosu na muškarce i da je 85% vrednost prihvaćenih intervala za žene kraća od kritičnog intervala izračunatog za posmatranu lokaciju.

Takođe, analiza je pokazala da muškarci imaju duže vreme čekanja na prelazak preko kolovoza u odnosu na žene, kao i da se prilikom prelaska muškarci kreću većom brzinom (Tabela 1).



Slika 6. Kumulativna raspodela prihvaćenih intervala u odnosu na pol pešaka

Na Slici 7 prikazan je kumulativna raspodela prihvaćenih intervala u odnosu na vrstu prelaska, tj. u odnosu da li je u pitanju prelazak pojedinca ili grupe pešaka. Rezultati pokazuju da pešaci biraju kraće intervale kada prelaze kolovoz sami i da je 85% vrednost prihvaćih intervala manja od kritičnog intervala utvrđenog za posmatranu lokaciju.



Slika 7. Kumulativna raspodela prihvaćenih intervala u odnosu na vrstu prelaska

5. ZAKLJUČAK

U okviru rada izvršeno je istraživanje karakteristika prelaska pešaka na jednom reprezentativnom nesignalisanom pešakom prelazu. Rezultati analize su pokazali da je 85% vrednost prihvaćenih intervala približno ista kao i vrednosti kritičnog intervala. Naime, prilikom prelaska kolovoza na ovakvom tipu pešačkog prelaza, pešaci moraju da odaberu interval koji omogućavaju izbegavanje konflikta koja dolaze iz oba smera. Zbog toga su pešaci mnogo obazriviji i neodlučniji, na šta upućuju i rezultati prema kojima je vrednost prihvaćenih intervala približno jednaka vremenu koje potrebo da pešak bezbedno pređe kolovoz.

Analiza prihvaćenih intervala pokazala je da žene biraju kraće intervale u odnosu na muškarce. To znači da su pešaci muškog pola na ovakvim pešačkim prelazima manje skloni riziku od žena. Analizom nisu nađene značajnije razlike u prosečnim vrednostima brzina prelaska, dok su muškarci duže čekali na prelazak kolovoza. Rezultati analize pokazali su da pešaci koji sami prelaze kolovoz biraju kraće intervale za prelazak kolovoza, brže se kreću i manje čekaju na odgovarajući interval za prelazak, što upućuje na zaključak da je individualni prelazak pešaka rizičniji u odnosu na prelazak preko kolovoza u grupi. Dobijeni rezultati su u skladu sa istraživanjima koja su vršena na području Evrope [16,17], dok su istraživanja sprovedena na području Azije pokazala suprotne rezultate: kod muškaraca je zabeleženo rizičnije ponašanje prilikom prelaska preko kolovoza u odnosu na žene, muškarci se brže kreću i imaju manje vremenske gubitke prilikom čekanja na pešačkom prelazu, a pešaci koji se kreću u grupi biraju kraće intervale za prelazak [12,13,18,19].

Rezultati analize ponašanja pešaka prilikom prelaska kolovoza koji su prikazani u radu pokazuju osnovna obeležja ponašanja pešaka koja su uočena u lokalnim uslovima odvijanja saobraćaja, na tipičnoj saobraćajnici. Pravci daljih istraživanja iz ove oblasti bi trebali da idu u smeru utvrđivanja uticaja različitih faktora na ponašanje prilikom prelaska pešaka čime bi se vrednovao uticaj specifičnosti lokalne sredine i karakteristika saobraćajnog toka.

Literatura:

- [1] Mitrović Simić, J., Bogdanović, V. (2015). Motorist yield rate at unsignalized crossings in Novi Sad. Proceedings of 5th International Conference „Towards a humane city“. (str. 283-289). Novi Sad: Faculty of Technical Sciences.
- [2] Mitrović Simić J., Bogdanović V., Basarić V. (2014). Analiza stepena propuštanja pešaka na nesignalisanim pešačkim prelazima u urbanim sredinama. Suvremeni promet, Vol. 34, No. 3-4, 221-225.
- [3] Saulić N., Šarac N., Garunović N. (2016). Istraživanje uticaja pešačkih tokova na vremenske gubitke vozila prvog ranga na trokrakim nesignalisanim raskrscima. Put i saobraćaj, 1, 47-51.
- [4] Mitrović Simić J., Basarić V., Bogdanović V. (2016). Pedestrian crossing behaviour at unsignalized crossings. Proceedings of 1st International Conference “Transport for Today’s Society”. (str. 166-172). Bitola: Faculty of Technical Sciences
- [5] Highway Capacity Manual - HCM. (2010). Washington D.C.: Transportation Research Board of The National Research Council.
- [6] Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways - MUTCD. (2009). 2009 Edition including Revision 1&2 dated May 2012. U.S. Department of Transportation.
- [7] Fitzpatrick, K., Turner, S., Brewer, M., Carlson, P., Ullman, B., Trout, N., Park, E.S., & Whitacre, J. (2006). Improving Pedestrian Safety at Unsignalized Crossings. TCRP Report 112/NCHRP Report 562. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- [8] Lobjois, R., Benguigui, N., & Cavallo, V. (2013). The effects of age and traffic density on street-crossing behavior. Accident Analysis and Prevention, 53, 166–175.
- [9] DiPietro, C. M., & King, L. E. (1970). Pedestrian gap-acceptance. Highway Research Record, No. 308, 80-91.
- [10] Hamed, M. M. (2001). Analysis of pedestrians' behaviour at pedestrian crossings. Safety Science, 38(1), 63-82.
- [11] Tiwari, G., Bangdiwala, S., Saraswat, A., & Gaurav, S. (2007). Survival Analysis: Pedestrian Risk Exposure at Signalized Intersections. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior, 10(2), 77-89.
- [12] Rastogi, R., Chandra, S., Vamsheedhar, J., & Das, V. R. (2011). Parametric study of pedestrian speeds at midblock crossings. Journal of Urban Planning and Development, 137(4), 381-389.
- [13] Tarawneh, M. S. (2001). Evaluation of pedestrian speed in Jordan with investigation of some contributing factors. Journal of Safety Research, 32(2), 229–236.
- [14] Pawar, D. S., & Patil, G. R. (2015). Pedestrian temporal and spatial gap acceptance at mid-block streetcrossing in developing world. Journal of Safety Research, 52, 39–46.
- [15] Wang, T., Wu, J., Zheng, P., & McDonald, M. (2010). Study of pedestrians' gap acceptance behavior when they jaywalk outside crossing facilities. Proceedings of 13th International IEEE Annual Conference on Intelligent Transportation Systems. (str 1295-1300). Porto: University of Porto.
- [16] Yannis, G., Papadimitriou, E., & Theofilatos, A. (2010). Pedestrian gap acceptance for mid-block street crossing. Proceedings of 12th World Conference on Transport Research Society. (str. 1-11), Lisbon: WCTRS.
- [17] Papadimitriou, E., Yannis, G., & Golias, J. (2009). A critical assessment of pedestrian behaviour models. Transportation Research Part F, 12, 242-255.
- [18] Kadali, B.R & Perumal, V. (2012). Pedestrians' Gap Acceptance Behavior at Mid Block Location. IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol. 4, No. 2, 158-161.
- [19] Jain, A., Gupta, A., Rastogi, R. (2014). Pedestrian crossing behaviour analysis at intersections. International Journal for Traffic and Transport Engineering, 4(1), 103-116.