

Анализа услова одвијања пешачког саобраћаја на семафоризованим раскрсницама

Вук Богдановић^а, Немања Гаруновић^{а*}, Валентина Басарић^а, Јелена Митровић Симић^а

^а Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука

ПОДАЦИ О РАДУ

DOI: 10.31075/PIS.65.02.06

Стручни рад

Примљен: 01/04/2019

Прихваћен: 10/06/2019

Кореспондент аутор:

garunovic@uns.ac.rs

Кључне речи:

Пешачки токови

Ниво услуге

Семафоризована раскрснице

РЕЗИМЕ

Методологија за анализу услова одвијања пешачког саобраћаја на сигналисаним раскрсницама први пут је објављена у издању Приручника за анализу капацитета и нивоа услуге (НСМ - Highway Capacity Manual) из 2010. године. Иста методологија задржана је и у последњем издању поменутог приручника. Ова методологија подразумева утврђивање параметара на основу којих је могуће извршити квалитативну оцену услова кретања пешака на сигналисаним раскрсницама. У оквиру овог рада је укратко, у поступним корацима, описана процедура за квалитативну оцену услова одвијања пешачког саобраћаја на сигналисаним раскрсницама. У сврху провере могућности примене ове процедуре у локалним условима као пример извршена је анализа услова одвијања саобраћаја на једној раскрсници у Новом Саду.

1. Увод

Пешачење као најприроднији и најздравији вид кретања и путовања има посебно место и значај у плановима одрживе мобилности. У већини градова пешачење је у видовној расподели најзаступљенији начин путовања, а осим одређеног броја путовања која се реализују бициклом, сва остала започињу и завршавају се пешачењем.

Пешачење је право свих грађана, тако да га равноправно користе све категорије становника, па и оне које су у саобраћају најрањивије.

И поред тога што је пешачка инфраструктура и опремање пешачких стаза и пешачких прелаза неупоредиво јефтиније у односу на инфраструктуру потребну за остале видове превоза, најмања пажња и најмања улагања посвећују се изградњи и опремању пешачких комуникација.

Пешачење у градским условима одвијања саобраћаја по правилу подразумева и пресецање и укрштање са токовима возила, што се најчешће реализује на пешачким прелазима.

Према правилима саобраћаја, пешаци на пешачким прелазима имају предност у односу на возила, што у пракси готово свих земаља света представља само декларативно право пешака. Прелазак пешака на несемафорисаним пешачким прелазима за пешаке представља безбедносни изазов, или продужење времена путовања уколико се ради о сигналисаним пешачким прелазима.

У урбаним срединама пешачка кретања су краткотрајна и реализују се у 90% случајева до 30 минута, најчешће до 15 минута. Из тог разлога временски губици који се јављају на сигналисаним раскрсницама и пешачким прелазима могу значајно утицати на време, самим тим и атрактивност и квалитет пешачења. На квалитет пешачења рањивих учесника у саобраћају и особа са посебним потребама утичу и опремљеност и уређеност пешачких прелаза.

У оквиру овог рада укратко је приказан поступак анализе услова одвијања саобраћаја на семафоризованим раскрсницама. Поред методологије дати су пример оцене услова одвијања саобраћаја на једној раскрсници у Новом Саду [1].

2. ОПИС МЕТОДОЛОГИЈЕ

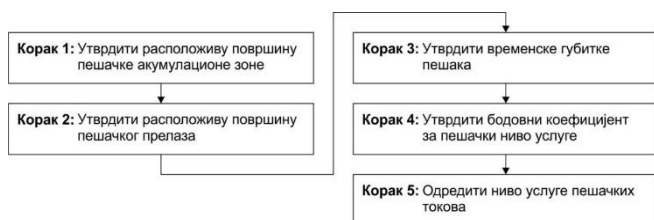
Анализа услова одвијања било ког вида саобраћаја, па и пешачког, подразумева утврђивање параметара којима је могуће квалитативно описати и вредновати стање у саобраћајном току на ужем или ширем просторном подручју.

У зависности од карактеристика саобраћајнице, односно површине намењене за кретање пешака (тротоар, пешачки прелаз, акумулациона зона...), користе се различити параметри за оцену квалитета одвијања пешачког саобраћаја. У општеприхваћеном Приручнику за анализу капацитета и нивоа услуге „НСМ“ [2] између осталог дефинисана је и методологија за вредновање услова одвијања пешачког саобраћаја на сигнализаним раскрсницама.

Прихваћена методологија се у начелу заснива на оцени услова кретања пешачких токова базиране на геометријским карактеристикама раскрснице, величини пешачких токова, величини возачких токова и начину рада светлосних сигнала, што је описано кроз следеће параметре:

- I. Расположиви простор акумулационе зоне;
- II. Расположива површина пешачког прелаза;
- III. Просечни временски губици пешака;
- IV. Оцена квалитета и услова кретања (путовања) засноване на перцепцији пешака.

На следећој слици приказани су основни кораци које је неопходно спровести како би се оценили услови саобраћаја пешачких токова на сигнализаним раскрсницама. У наставку текста укратко је описан сваки корак који фигурише у коришћеној процедури.



Слика 1. Основни кораци у процедури за утврђивање нивоа услуге пешачких токова на сигнализаним раскрсницама

Анализе предложене овом методологијом ограничене су на појединачни пешачки прелаз и појединачну акумулациону зону. У складу са тим није могуће јединствено дефинисати квалитет одвијања пешачког саобраћаја на раскрсници већ је у оквиру анализе сваки пешачки прелаз, односно акумулациона зона, анализирана засебно у складу са прикупљеним подацима.

Дефинисана процедура заснована је на империјалном систему јединица те је из тог разлога потребно улазне параметре прилагодити методологији.

2.1. Поступни кораци у анализи

Корак 1

У оквиру првог корака врши се израчунавање расположивог простора за пешаке у акумулационој зони раскрснице. Акумулациона зона представља пешачку површину која је ограничена суседним прилазима, другим речима површину на углу раскрснице. Ова површина користи се за кретање пешака и чекање на дозволу за прелазак преко одређеног прелаза.

На издвојеним пешачким прелазима могуће је применити методологију прописану за раскрснице при чему се посматра само један пешачки прелаз (прилаз) и само две акумулационе зоне.

Услови кретања пешака у акумулационој зони одређују се на основу параметра за описивање расположивог простора (M_{corner}) који се дефинише као просечна вредност јединице површине простора по једном пешаку (ft^2/p). Приликом прорачуна овог параметра узима се у обзир и временска димензија коришћења акумулационе зоне. Начелно, расположиви простор по једном пешаку у акумулационој зони зависи од следећих атрибута:

- дужине трајања циклуса;
- дужине трајања зеленог светла за пешаке;
- површине акумулационе зоне;
- временска-просторна расположивост акумулационе зоне током једног циклуса која представља производ дужине трајања циклуса и површине акумулационе зоне;
- просечног броја пешака који током једног циклуса пристигну у акумулациону зону ради преласка преко коловоза;
- укупног времена чекања свих пешака који пристигну у акумулациону зону ради преласка преко коловоза;
- просечног броја свих пешака који током једног циклуса ступе у акумулациону зону који представља збир свих пешака на суседним прилазима.

Вредновање услова одвијања пешачких токова у акумулационој зони врши се на основу расположивог пешачког простора на начин приказан у табели датај у другом кораку описане методологије (Табела 1).

Корак 2

Други корак процедуре за одређивање услова одвијања пешачког саобраћаја подразумева израчунавање расположивог простора за пешаке на пешачком прелазу. Други корак се по принципу не разликује од првог корака, јер се и у овом случају кретања пешака одређује на основу параметра за описивање расположивог простора (M_{sw}) који се дефинише као просечна вредност јединице површине простора по једном пешаку (ft^2/p).

Вредност параметра (M_{sw}) зависи од следећих атрибута:

- дужине трајања циклуса;
- дужине трајања зеленог светла за пешаке;
- брзине кретања пешака;
- дужине и ширине пешачког прелаза;
- ефективне временско-просторне расположивости пешачког прелаза током једног циклуса која представља вредност производа дужине трајања циклуса и површине акумулационе зоне умањене за вредност параметра заузетости пешачког прелаза током једног циклуса од стране возачких токова из исте фазе;
- временска-просторна заузетост пешачког прелаза током једног циклуса од стране возачких токова из исте фазе;
- просечног броја свих пешака који пристижу на посматрани пешачки прелаз током једног циклуса;
- времена заузетости пешачког прелаза.

По одређивању параметра (M_{sw}) вредновање услова кретања пешака на пешачком прелазу врши се према критеријумима приказаним у наредној табели.

Табела 1. Вредновање услова кретања пешака по критеријуму расположивог пешачког простора [3]

| Расположиви пешачки простор (ft^2/p) | Опис услова за кретање пешака |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| > 60 | Могућност кретања пешака жељеном путањом, без потребе за прилагођавањем или променом путање кретања. |
| > 40 – 60 | Ретка појава потребе за прилагођавањем путање кретања пешака у циљу да се избегне конфликт са другим пешацима. |
| > 24 – 40 | Учестала потреба за прилагођавањем путање кретања пешака у циљу да се избегне конфликт са другим пешацима. |
| > 15 – 24 | Делимично ограничење брзине кретања и могућности преласка споријих пешака преко пешачког прелаза |
| > 8 – 15 | Делимично ограничена брзина кретања и ограничена могућност преласка споријих пешака преко пешачког прелаза. |
| ≤ 8 | Веома ограничена брзина кретања, висока интеракција и чести контакти са осталим пешацима у току. |

Корак 3

У трећем кораку процедуре утврђују се временски губици пешака који чекају на прелазак преко пешачког прелаза (d_p). Временски губици изражавају се у секундама по пешаку (s/p). Вредност временских губитака према овој методологији зависи искључиво од начина рада светлосних сигнала, односно од дужине циклуса (C) и трајања зеленог светла за пешаке (g_{walk}) на посматраном пешачком прелазу.

$$d_p = \frac{(C - g_{walk})^2}{2C} [s/p] \quad (1)$$

На основу добијене вредности временских губитака могуће је извршити вредновање услова одвијања пешачког саобраћаја у овом сегменту. Према усвојеној методологији сматра се да временски губици који прелазе вредност од 30 s/p изазивају нестрпљење код пешака што може довести до настанка прелазака током црвеног светла, па самим тим и погоршања услова одвијања саобраћаја и нарушавања безбедности пешака на раскрсници. Са друге стране, услови у којим временски губици имају вредност мању од 10 s/p сматрају се веома повољним за пешаке.

Корак 4

У четвртном кораку утврђује се бодовни коефицијент за дефинисање нивоа услуге на пешачком прелазу (*eng. Pedestrian LOS Score*). Принцип по ком се одређује ниво услуге на пешачком прелазу заснован је на перцепцији пешака, односно њиховом доживљају преласка коловоза на сигналисаним раскрсницама. Бодовни коефицијент ($I_{p,int}$) одређује се као сума меродавних фактора и то:

- фактор геометрије прилаза (F_w) – зависи од укупног броја саобраћајних трака које постоје на истом прилазу на ком се налази посматрани пешачки прелаз;
- фактор возачког тока (F_v) – зависи од броја возила у токовима који пресецају посматрани пешачки прелаз;
- фактор брзине тока (F_s) – зависи од броја возила на прилазу који се посматра (n_{15}) и вредности 85. перцентила брзине возила у току (S_{85});
- фактор временских губитака пешака (F_{delay}), зависи од вредности временских губитака (d_p) израчунатих у претходном кораку.

Корак 5

На основи израчунатог бодовног коефицијента ($I_{p,int}$) и дефинисаним вредностима (границама) одређује се ниво услуге на пешачком прелазу. Ниво услуге (*eng. Level of Service - LOS*) означен словима од „А“ до „F“ при чему ниво „А“ репрезентује најбоље услове одвијања саобраћаја, а ниво „F“ најлошије.

Табела 2. Критеријуми за дефинисање нивоа услуге пешачких токова на сигналисаним раскрсницама [3]

| Ниво услуге | Бодовни коефицијент |
|-------------|---------------------|
| LOS „А“ | ≤ 1,50 |
| LOS „В“ | > 1,50 – 2,50 |
| LOS „С“ | > 2,50 – 3,50 |
| LOS „D“ | > 3,50 – 4,50 |
| LOS „Е“ | > 4,50 – 5,50 |
| LOS „F“ | > 5,50 |

3. ПРИМЕР ОЦЕНЕ УСЛОВА ОДВИЈАЊА ПЕШАЧКОГ САОБРАЋАЈА

3.1. Опис и карактеристике локације

За потребе истраживања извршено је прикупљање података о протоку пешака, протоку возила, геометријским карактеристикама и података о начину рада семафора на раскрсници Булевара Михајла Пупина - Жарка Зрењанина - Модене у Новом Саду.

Ова раскрсница налази се у ужем центру града. Представља четворокраку раскрсницу на којој на постоје пешачки прелази на свим прилазима.

Сви пешачки прелази опремљени су дисплејем за приказ преосталог времена за пешачке сигнале.

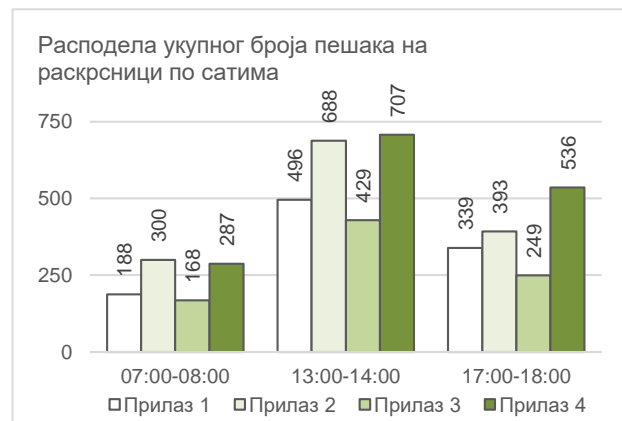
На три од четири пешачка прелаза постоје уређаји за давање звучног сигнала за означавање пешачке фазе.

На анализираној раскрсници не постоји могућност најаве пешачке фазе.



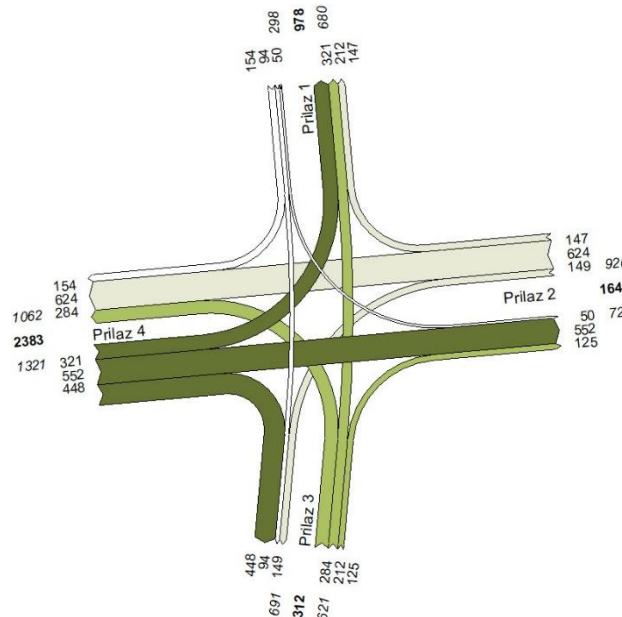
Слика 2. Шематски приказ анализиране раскрснице са ознакама прилаза и пешачких токова

Бројање пешака и возила вршено је током једног дана у три временска периода 07:00-08:00, 13:00-14:00 и 17:00-18:00 часова, који према анкети у домаћинствима представљају преподневни, послеподневни и вечерњи вршни сат за пешачка путовања која се обаве на територији Града Новог Сада [3].



Графикон 1. Проток пешака на анализираној раскрсници (по прилазима и сатима)

На основу извршеног бројања установљено је да се максимална вредност протока пешака остварује у периоду 13:00-14:00 часова (вршни сат) који је усвојен као меродаван период за даљу анализу услова одвијања пешачког саобраћаја.



Слика 3. Проток возила и расподела возачких токова на анализираној раскрсници у вршном сату

3.2. Оцена услова одвијања саобраћаја

Оцена услова одвијања саобраћаја извршена је сагледавањем четири критеријума и то:

- **Критеријум I:** Расположиви простор акумулационе зоне вреднован према просечној вредности јединице површине простора по једном пешаку (M_{corner}) и референтним вредностима дефинисаним у пратећој табели (Табела 1);

- **Критеријум II:** Расположива површина пешачког прелаза вреднована према просечној вредности јединице површине простора по једном пешаку (M_{cw}) и референтним вредностима дефинисаним у пратећој табели (Табела 1);
- **Критеријум III:** Просечни временски губици пешака (d_p) вредновани према препорученим граничним вредностима;
- **Критеријум IV:** Оцена нивоа услуге пешачких токова заснована на вредности бодовног коефицијента ($I_{p,int}$) и референтним вредностима дефинисаним у пратећој табели (Табела 2).

Преглед утврђених вредности по којим је извршена оцена стања дат је у наредној табели.

Табела 3. Вредности параметара за оцену услова одвијања пешачког саобраћаја на анализираној раскрсници [1]

| | | Прилаз | | | |
|-----|--------------------------------------|--------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| I | M_{corner} (ft ² /p) | 837 | 354 | 430 | 769 |
| II | M_{cw} (ft ² /p) | 108 | 25 | 135 | 17 |
| III | d_p (s/p) | 16,2 | 33,8 | 16,2 | 33,8 |
| IV | $I_{p,int}$ | 2,6 | 2,7 | 3,0 | 3,4 |
| | LOS | C | C | C | C |

На основу спроведене анализе утврђено је да се у свим акумулационим зонама кретање пешака одвија жељеном путањом, без потребе за прилагођавањем или променом путање кретања, односно да просечна вредност јединице површине простора по једном пешаку (M_{corner}) у свим случајевима има вредност већу од 60 ft²/p.

Посматрајући анализирану локацију по критеријуму расположиве површине пешачког прелаза (M_{cw}) може се констатовати да се на прилазима 1 и 3 прелазак пешака се одвија жељеном путањом, без потребе за прилагођавањем или променом путање кретања. На прилазу 2 пешаци се крећу у условима у којим често настаје потреба за променом правца кретања како би се избегао конфликт са другим пешацима. На прилазу 4 брзина пешака и могућност преласка споријих пешака су делимично ограничени.

На прилазима 2 и 4 просечни временски губици прелазе граничну вредност од 30 s/p, док су на прилазима 1 и 3 на прихватљивом нивоу. Ниво услуге који је одређен на основу бодовног коефицијента ($I_{p,int}$) на свим пешачким прелазима је на задовољавајућем нивоу.

Закључци донесени на основу утврђених параметара и одговарајућих критеријума одговарају реалним условима одвијања саобраћаја на посматраној раскрсници. Из тог разлога може се рећи да је описана методологија применљива за оцену услова одвијања саобраћаја у локалним условима.

3. ЗАКЉУЧАК

У овом раду укратко је описана методологија за дефинисање услова одвијања пешачког саобраћаја на сигналисаним раскрсницама. У оквиру прегледа методологије дати су основни поступни кораци где су наведени сви фактори који утичу на вредност параметара који се касније користе за оцену стања. Оцена услова одвијања пешачког саобраћаја приказана је на примеру једне раскрснице уз Новом Саду.

На основу података добијених анализом може се рећи да је прихваћена методологија апсолутно примењива у инжењерској пракси али искључиво под условом ако се оцена услова одвијања пешачког саобраћаја анализира по свим критеријумима. Према добијеним резултатима може се закључити да оцена услова одвијања пешачког саобраћаја не може узети у обзир само утврђени ниво услуге јер, као што је показано у Табели 3, ниво услуге може бити прихватљив и под условом ако други параметри (у овом случају временски губици пешака) нису на задовољавајућем нивоу.

Основна потреба за оваквим (вишекритеријумским) начином посматрања може се пронаћи у самој методологији према којој само део релевантних фактора утиче на вредност нивоа услуге. Тако на пример величина пешачких токова не утиче на вредност бодовног коефицијента али се њихов утицај одражава на параметре који описују расположивост површине акумулационе зоне и пешачког прелаза. Са друге стране просечни временски губици су у директној зависности од дефинисаног начина рада семафора тј. фазне поделе и дужине трајања зеленог светла за пешаке. Поред тога геометријске карактеристике прилаза и пешачких површина на раскрсници у такође мањој или већој мери утичу на параметре који описују услове одвијања пешачког саобраћаја по критеријумима I, II и IV.

Овакав, вишекритеријумски начин посматрања услова одвијања пешачког саобраћаја на сигналисаним раскрсницама је кључан приликом избора акционих мера које имају за циљ унапређење пешачког саобраћаја.

Evaluation of the quality of service of pedestrian flows on a signalized intersections

Vuk Bogdanović, Ph.D. TE

Nemanja Garunović, M.Sc. TE

Valentina Basarić, Ph.D. TE

Jelena Mitrović Simić, Ph.D. TE

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences,

Abstract: In 5th edition of Highway Capacity Manual (2010) the methodology for evaluating the quality of service provided to pedestrians traveling through a signalized intersection first time was shown. The same methodology has been retained in the latest edition of the aforementioned manual. Provided methodology include determination of the key parameters for evaluation the quality of service of pedestrian flows on signalized intersections. In this paper mentioned methodology was shown through the short procedural steps. In order to verify the possibility of applying this procedure in local conditions, an analysis of traffic conditions at an intersection in Novi Sad was performed as an example.

Keywords: pedestrian flows, level of service, signalized intersection

Литература

- [1] (2019). Град Нови Сад, Градска управа за саобраћај и путеве. Дефинисање рада пешачких семафора, Књига 2: Анализа постојећег стања са предлогом мера за унапређење пешачког саобраћаја. Нови Сад
- [2] (2016). Highway Capacity Manual - 6th edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis, Chapter 19 - Signalized intersection. Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2016.
- [3] (2018). Смарт план – прикупљање података – прва фаза, Књига 2: Анкете учесника у саобраћају. Нови Сад