

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

САОБРАЋАЈНИ ФАКУЛТЕТ

Војводе Степе 305, Београд

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

КОМИСИЈИ ЗА ДОКТОРСКЕ СТУДИЈЕ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње **Анице Коцић Стојановић**, мастер инжењера саобраћаја

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета бр. 49/1 од 14.1.2026. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Анице Коцић Стојановић, мастер инжењера саобраћаја, под називом:

**„МОДЕЛИРАЊЕ УТИЦАЈА ПЕШАЧКИХ ТОКОВА НА САОБРАЋАЈНИ ПРОЦЕС НА
УКРШТАЊИМА“**

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала, као и разговора са кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. Увод

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

На основу предатих захтева кандидаткиње Анице Коцић Стојановић, мастер инжењера саобраћаја, и донетих одлука Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета, хронологија одобравања и израде дисертације је следећа:

- 5.9.2023. године кандидаткиња Аница Коцић Стојановић је поднела пријаву теме докторске дисертације Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета (бр. 1191/1), уз молбу да се спроведе поступак за оцену подобности кандидаткиње и предложене теме, и за ментора предложила др Николу Челара, редовног професора Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета;
- 12.9.2023. године на седници Наставно-научног већа Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета донета је одлука (бр. 1191/4 од 13.9.2023. године) о именовању Комисије за оцену научне заснованости теме и подобности кандидаткиње за израду докторске дисертације, у саставу:
 - Др Владан Тубић, редовни професор, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет,
 - Др Јелена Кајалић, доцент, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет,
 - Др Горан Младеновић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Грађевински факултет.

- 12.10.2023. године Комисија за оцену подобности кандидаткиње и теме за израду докторске дисертације поднела је позитиван извештај (бр. 1191/6 од 12.10.2023. године) Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета;
- 17.10.2023. године на седници Наставно-научног већа Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета, донета је одлука (бр. 1191/7 од 19.10.2023. године) којом се позитивно оцењује научна заснованост и подобност кандидаткиње и прихвата предложена тема за израду докторске дисертације кандидаткиње Анице Коцић Стојановић, мастер инжењера саобраћаја;
- 18.12.2023. године на седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, донета је одлука (бр. 61206-4614/2-23 од 18.12.2023. године) којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидаткиње Анице Коцић Стојановић, мастер инжењера саобраћаја;
- 8.12.2025. године кандидаткиња Аница Коцић Стојановић, мастер инжењер саобраћаја, поднела је захтев Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета (бр. 1451/1) за почетак поступка за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације;
- 29.12.2025. године здружена Катедра за планирање и регулисање саобраћаја предлаже Комисију за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације (бр. 1451/3 од 29.12.2025. године);
- 13.1.2026. године је, на седници Наставно-научног већа Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета, донета одлука (бр. 49/1 од 14.1.2026. године) о именовању Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Анице Коцић Стојановић, мастер инжењера саобраћаја, у саставу:
 - Др Владан Тубић, редовни професор у пензији, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет,
 - Др Владимир Ђорић, редовни професор, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет,
 - Др Горан Младеновић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Грађевински факултет.

Кандидаткиња Аница Коцић Стојановић уписала је докторске академске студије на Универзитету у Београду - Саобраћајном факултету школске 2018/2019. године, на студијском програму Саобраћај, где је положила све испите са просечном оценом 10 (десет) и испунила све обавезе предвиђене Наставним планом и програмом за докторске академске студије. Студенткињи докторских академских студија Аници Коцић Стојановић је, на лични захтев, одобрен продужетак рока за завршетак студија у троструком броју школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма одлуком бр. 1223/2 од 24.09.2024. године. Кандидаткињи је на лични захтев одобрено мировање права и обавеза у школској 2024/25. години (решење бр. 9/8 од 17.9.2025. године).

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Анице Коцић Стојановић, мастер инжењера саобраћаја, под називом „Моделирање утицаја пешачких токова на саобраћајни процес на укрштањима“, припада научној области **техничко-технолошких наука**, подручју **Саобраћај** и ужој научној области **Регулисање и управљање саобраћајем на мрежи путева и улица**, за коју је матичан **Универзитет у Београду - Саобраћајни факултет**. Докторска дисертација је израђена под менторством проф. др Николе Челара, редовног професора Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета.

Др Никола Челар, дипл. инж. саобраћаја, је као аутор или коаутор објавио преко 50 научних и стручних радова који су публиковани и саопштени у међународним и домаћим часописима, односно у зборницима радова са међународних и домаћих конференција и саветовања. У часописима међународног значаја – категорије М20 објавио је 7 радова, у часописима националног значаја – категорије М50 објавио је 7 радова, на конференцијама међународног

значаја – категорије М30 објавио је 13 радова и на конференцијама националног значаја – категорије М60 објавио је 28 радова. У досадашњем раду, као члан ауторског тима, пројектант или одговорни пројектант учествовао је у преко 100 студија, стручних пројеката, елабората и техничких контрола. Др Никола Челар је аутор два уџбеника за предмете „Регулисање и управљање саобраћајним токовима - Управљање саобраћајем“ и „Регулисање и управљање саобраћајним токовима - Регулисање саобраћаја“. Проф. др Никола Челар је члан Републичке ревизионе комисије, Инжењерске коморе Србије и испитивач за посебан део стручног испита и дугогодишњи је председник програмског одбора Конференције о Техникама саобраћајног инжењерства ТЕСи.

1.3. Биографски подаци о кандидаткињи

Аница Коцић Стојановић, мастер инжењер саобраћаја, рођена је 14.4.1994. године у Смедереву, где је 2009. године завршила основну школу „Бранислав Нушић“ са одличним успехом, као ученик генерације и носилац дипломе „Вук Караџић“. Средњу Техничку школу у Смедереву, образовни профил: Техничар друмског саобраћаја, завршила је 2013. године, такође, са одличним успехом, као ученик генерације и носилац дипломе „Вук Караџић“.

На Саобраћајном факултету Универзитета у Београду школске 2013/2014. године уписала је основне академске студије, првог степена, обима 240 (двеста четрдесет) ЕСПБ, на модулу Друмски и градски саобраћај и транспорт, смер Саобраћајни. Основне академске студије завршила је 7.9.2017. године, са просечном оценом 9,94 (девет и 94/100). Завршни рад на тему „Истраживање вредности засићеног саобраћајног тока удвојених трака за лево скретање“, под менторством проф. др Николе Челара, одбранила је са оценом 10 (десет) и тиме стекла звање Дипломирани инжењер саобраћаја.

Школске 2017/2018. године је, на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду, уписала мастер академске студије, другог степена, обима 60 (шездесет) ЕСПБ, на модулу Саобраћајно инжењерство. Дана 21.6.2018. године завршила је мастер академске студије са просечном оценом 10 (десет). Мастер рад на тему „Модел за утврђивање засићеног саобраћајног тока незаштићених левих скретања“, под менторством проф. др Николе Челара, одбранила је са оценом 10 (десет) и тиме стекла звање Мастер инжењер саобраћаја.

Докторске академске студије, трећег степена, обима 180 (сто осамдесет) ЕСПБ, на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Саобраћај, уписала је школске 2018/2019. године. До сада је положила све испите са просечном оценом 10 и испунила све обавезе предвиђене Наставним планом и програмом за докторске академске студије.

На основу успеха на претходним нивоима студија, била је прималац Републичке стипендије Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, током школске 2014/2015. и 2015/2016. године, као и стипендије Министарства омладине и спорта „Фонд за младе таленте - Доситеја“, за најбоље студенте завршних година основних академских и мастер академских студија са високошколских установа чији је оснивач Република Србија, током школске 2016/2017. и 2017/2018. године.

Добитник је диплома за остварен изузетан успех у другој (шк. 2014/2015), трећој (шк. 2015/2016) и четвртој (шк. 2016/2017) години основних академских студија на модулу Друмски и градски саобраћај, смер Саобраћајни, као и за изузетан успех у првој години (шк. 2017/2018) мастер академских студија на модулу Саобраћајно инжењерство на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду.

Од марта 2019. године до августа 2020. године, била је запослена на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду као истраживач-приправник. У том периоду је била ангажована на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја под називом „Утицај глобалних изазова на планирање саобраћаја и управљање саобраћајем у градовима“, евиденциони број 36021. Од августа 2020. године је запослена у Техничкој школи у Смедереву, на месту наставника саобраћајне групе предмета.

Кандидаткиња је, као аутор или коаутор, учествовала у изради 28 научних радова. Од тога, 1 рад је објављен у часопису међународног значаја категорије М23, 9 радова у часописима националног значаја категорије М51 и М52, а 18 радова је саопштено на међународним или националним научним и стручним скуповима, категорије М33 и М63. Током рада на факултету, као члан ауторског тима, учествовала је у реализацији 4 студије и пројекта, као и на једном научном пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

Удата је и мајка једног детета.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Анице Коцић Стојановић, мастер инжењера саобраћаја, написана је у складу са „Упутством о облику и садржају докторске дисертације која се брани на Универзитету у Београду“ из 2019. године. Докторска дисертација је написана на српском језику, ћириличним писмом, на папиру А4 формата са једноструким проредом. Укупан број страна које садржи дисертација је 178, са 48 табела, 58 графика и 45 слика. На почетку докторске дисертације дат је резиме на српском и енглеском језику са кључним речима, а затим и садржај дисертације, списак табела, списак графика и списак слика. Докторска дисертација је структурно подељена у 7 наредних поглавља:

1. Уводна разматрања;
2. Преглед литературе;
3. Методологија истраживања утицаја пешачких токова на саобраћајни процес на укрштањима;
4. Резултати истраживања;
5. Формирање и тестирање модела;
6. Препоруке за практичну примену;
7. Закључци и правци будућих истраживања.

Након наведених поглавља, дат је списак литературе који садржи 102 библиографске јединице коришћене при изради докторске дисертације. Потом следе прилози, од којих се први односи на практичну примену модела за прорачун засићеног саобраћајног тока незаштићеног скретања при различитим геометријским, саобраћајним и управљачким карактеристикама локације. У другом прилогу дат је код Масго-а креираног за потребе истраживања. На крају се налази биографија аутора и потписане изјаве о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и о коришћењу докторског рада.

Према структури рада, примењеним научним методама и постигнутим резултатима, дисертација у потпуности задовољава критеријуме и стандарде предвиђене за овакву врсту научног рада, док по свом облику и садржају поднети рад задовољава све стандарде прописане за израду докторске дисертације Универзитета у Београду.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У **првом поглављу**, односно уводним разматрањима, дефинисан је научни проблем, образложени су и описани мотиви за избор теме. Такође дефинисани су предмет и научни циљеви истраживања и формиране су полазне хипотезе које се заступају у докторској дисертацији. Наведени су очекивани научни доприноси докторске дисертације и на крају поглавља дат је приказ садржаја дисертације по поглављима.

Друго поглавље представља преглед релевантне литературе, који је приказан у три сегмента. Први сегмент прегледа литературе приказује досадашње резултате истраживања у моделирању утицаја пешачких токова на засићен саобраћајни ток незаштићених скретања, која су кроз критички осврт оцењена са аспекта практичне примене и изведени су закључци о смерницама даљег моделирања овог утицаја. Други сегмент се односи на досадашње приступе

у моделирању утицаја пешачких токова на саобраћајни процес на несигналисаним укрштањима, а кроз дискусију су сагледани недостаци наведених приступа са аспекта изостављања утицаја пешачких токова. У трећем сегменту прегледа литературе сумирани су резултати истраживања карактеристика пешачких токова на сигналисаним и несигналисаним укрштањима, са посебним освртом на брзину пешака.

Треће поглавље приказује методологију истраживања утицаја пешачких токова на саобраћајни процес на сигналисаним и несигналисаним укрштањима. На почетку поглавља прецизније су одређени предмет и циљ истраживања, а након тога дефинисани су простор и време истраживања. Даље је дефинисана метода реализације истраживања и техника прикупљања података. У овом поглављу дефинисан је и поступак обраде снимака, формирања база података и алати који су коришћени у обради података. На крају поглавља наведен је обим спроведених истраживања.

У **четвртном поглављу** представљени су резултати експерименталних истраживања на сигналисаним и несигналисаним укрштањима. У првом делу поглавља представљене су карактеристике пешачких токова, што обухвата понашање пешачких токова и параметре опслуживања ових токова. Приказани резултати истраживања спроведених и на сигналисаним и на несигналисаним укрштањима обухватају ефективну ширину пешачког прелаза, интервал слеђења и брзину пешака приликом преласка. Поред тога, приказани су расподела тренутака започињања опслуживања и време реакције пешака на почетак зеленог сигналног појма на сигналисаним укрштањима, као и временски губици пешака на несигналисаним укрштањима. Такође, дато је поређење карактеристика пешачких токова истраживаних и на сигналисаним и на несигналисаним укрштањима. У другом делу поглавља представљене су карактеристике возачких токова, што обухвата параметре опслуживања возачких токова и понашање возача у интеракцији са пешацима, на сигналисаним и несигналисаним укрштањима. Представљени резултати истраживања параметара опслуживања возачких токова обухватају време реакције возача првог возила у реду на почетак зеленог сигналног појма и брзину првог возила у реду који су истраживани на сигналисаним укрштањима, као и интервал слеђења возила, истраживан и на сигналисаним и на несигналисаним укрштањима. Након тога, анализом понашања возача у интеракцији са пешацима утврђене су величине конфликтне зоне и интервали слеђења између пешака који су прихватљиви за возаче, применом пет метода за утврђивање критичне вредности овог параметра. Приказано је и поређење карактеристика возачких токова истраживаних на сигналисаним и несигналисаним укрштањима.

Пето поглавље приказује поступак моделирања утицаја пешачких токова на саобраћајни процес на сигналисаним и несигналисаним укрштањима. Као резултат овог поступка формиран су модел за утврђивање засићеног саобраћајног тока незаштићеног скретања на сигналисаним раскрсницама и модел за утврђивање капацитета саобраћајне траке у зони несигнализованог пешачког прелаза на деоници. У овом поглављу представљен је и поступак тестирања формираног модела поређењем са реалним подацима са независних локација сигналисаних и несигналисаних укрштања. Поред тога, формиран модел за прорачун засићеног тока је упоређен са релевантним моделима за прорачун засићеног тока незаштићеног десног скретања који на исти начин третирају конфликтни пешачки ток (HCM - *Highway Capacity Manual* и CCG - *Canadian Capacity Guide* модели).

У **шестом поглављу** дате су препоруке за практичну примену модела за прорачун засићеног саобраћајног тока незаштићеног скретања. Ради једноставније практичне примене модела формирана је зависност засићеног саобраћајног тока незаштићеног скретања од интензитета пешачког тока на сат, који је познати параметар у поступку оптимизације, за разлику од фиктивне вредности експандираног интензитета пешачког тока на сат зеленог, која фигурише у моделу. Графици формираног зависности су груписани према дужини трајекторије скретања од линије заустављања до пешачког прелаза, која је такође позната улазна величина. У другом делу поглавља дат је предлог третмана скретања који представља алтернативу заштићеном опслуживању, а заснива се на предложеном алгоритму одлучивања о ранијем почетку зеленог сигналног појма за пешачке токове. Предложени алгоритам при одлучивању користи модел за прорачун времена окупирања конфликтне зоне на нивоу циклуса, који је у ту сврху формиран, тестиран и приказан у овом поглављу. Даље је објашњен поступак примене предложеног

алгоритма на хипотетичкој раскрсници, за коју је дефинисан и предлог дијаграма стања. На крају је дат предлог детектора који омогућавају прикупљање неопходних података за примену формираног модела и алгоритма.

Последње, **седмо поглавље** сумира закључна разматрања резултата добијених спроведеним истраживањима и научне доприносе докторске дисертације. На крају поглавља дефинисани су правци даљих истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација представља оригинални научни допринос решавању теоријских и практичних проблема које узрокује прорачун засићеног саобраћајног тока или капацитета деонице у ужој научној области Регулисања и управљања саобраћајним токовима на мрежи путева и улица. Савременост и оригиналност дисертације огледају се кроз развој модела за утврђивање утицаја пешачких токова на сигналисаним и несигналисаним укрштањима и кроз утврђивање карактеристика пешачких и возачких токова на овим укрштањима.

Тема обрађена у докторској дисертацији је савремена и актуелна, имајући у виду значај формираног модела за прорачун засићеног саобраћајног тока незаштићених скретања у систему управљања саобраћајем, на који се урбани транспортни системи у највећој мери ослањају. Наиме, скретања која имају конфликт са пешацима се најчешће на сигналисаним раскрсницама опслужују незаштићено, с обзиром да заштићено опслуживање скретања захтева формирање већег броја фаза и неповољно утиче на ефикасност опслуживања осталих токова на раскрсници. Прецизно квантификовање утицаја пешачких токова на засићен ток скретања доприноси позитивним ефектима као што су већи капацитет, мањи временски губици, мања потрошња горива, мање загађење животне средине и слично.

У формираном моделу за прорачун засићеног саобраћајног тока се не захтева експлицитно познавање параметара рада светлосних сигнала, а инкорпорирани су утицаји начина опслуживања скретања и геометрије раскрснице, у чему се огледа оригиналност докторске дисертације. Елиминација утицаја параметара рада светлосних сигнала при прорачуну засићеног саобраћајног тока је неопходна, јер је практична примена модела који захтевају познавање истих отежана, с обзиром на то да параметри рада сигнала нису познати на почетку поступка оптимизације. С друге стране, истраживањем је утврђено да геометрија раскрснице и опслуживање скретања које подразумева нешто ранији почетак зеленог за пешаке у односу на возила могу допринети смањењу утицаја пешачких токова на засићен ток скретања и повећању ефикасности опслуживања токова у скретању. На основу овог резултата, предложен је и алгоритам за алтернативни третман скретања. Оригиналност докторске дисертације се огледа и у формирању универзалног модела за прорачун засићеног тока незаштићеног левог и десног скретања. Овим су превазиђени недостаци постојећих релевантних модела који захтевају познавање параметара рада светлосних сигнала и односе се искључиво на десна скретања.

Савременост и оригиналност теме докторске дисертације огледа се и у формирању модела за прорачун капацитета деонице у зони несигнализованог пешачког прелаза, имајући у виду недостатак процедура за прорачун истог у релевантној литератури. Утицај пешачких токова на несигналисаним пешачком прелазу на саобраћајни процес дуж деонице је неминован, с обзиром на то да пешачки токови у урбаним срединама имају потребу за честим преласцима улице, а нису увек испуњени услови за увођење светлосних сигнала. Формирани модел омогућава утврђивање капацитета и нивоа услуге на деоници градске саобраћајнице на којој постоји несигналисани пешачки прелаз.

Такође, утврђене карактеристике пешачких и возачких токова у међусобној интеракцији доприносе актуелности и оригиналности докторске дисертације, с обзиром на то да се на истим заснива унапређење ефикасности пешачког саобраћаја у савременим урбаним транспортним системима. Најзначајнији параметар пешачких токова је брзина, а преглед постојеће литературе указао је на тенденцију промене брзине пешака током времена, као и да се значајно

разликује међу локацијама. Прецизно утврђивање минималних зелених и заштитних времена, засновано на 15. перцентилу брзине пешака, од посебног је значаја за безбедно опслуживање пешака, као најугроженијих учесника у саобраћају. С друге стране, карактеристике понашања пешака и возача у међусобној интеракцији указују на потребу прилагођавања инфраструктуре променама понашања пешака, ради њихове безбедније и ефикасније опслуге. Свеобухватно истраживање у оквиру докторске дисертације резултирало је и утврђивањем карактеристика пешачких и возачких токова као што су интервали слеђења пешака и возила, времена реакције пешака и возача првог возила у реду, брзина првог возила у реду, ширина и дужина конфликтне зоне, прихватљиви интервали слеђења. Утврђене критичне вредности прихватљивих интервала слеђења доприносе оригиналности ове дисертације, с обзиром на то да у литератури до сада нису анализирани интервали слеђења између пешака који су прихватљиви возачима.

Савременост и оригиналност докторске дисертације верификована је кроз објављивање резултата истраживања кандидаткиње у међународним и националним часописима и радовима саопштеним на научно-стручним скуповима и конференцијама. Савременост докторске дисертације се огледа и кроз актуелност истраживане теме у релевантној литератури.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидаткиња је у дисертацији приказала опсежан и систематичан преглед досадашњих најважнијих достигнућа из области регулисања и управљања саобраћајним токовима на мрежи путева и улица, са посебним фокусом на моделирање утицаја пешачких токова на саобраћајни процес на сигналисаним и несигналисаним укрштањима, као и на карактеристике пешачких токова. Наведена и коришћена литература је савремена и актуелна, релевантна и адекватна са предметом и циљевима истраживања.

У дисертацији је наведен списак литературе који садржи 102 библиографске јединице и обухвата радове из међународних и домаћих часописа, радове саопштене на конференцијама међународног значаја, релевантне приручнике и уџбенике из области саобраћајног инжењерства са фокусом на област регулисања и управљања саобраћајем, као и извештаје релевантних међународних и домаћих институција. Коришћена литература показује да је кандидаткиња детаљно анализирала и на одговарајући начин навела релевантне референце које су у вези са темом дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Приликом израде докторске дисертације коришћене су опште научне методе истраживања. С обзиром на предмет и циљеве дисертације прикупљени су подаци великог обима, кроз непосредна истраживања применом метода и техника које се примењују у саобраћајним истраживањима. За прикупљање података у докторској дисертацији коришћена је видео камера којом су снимани предметни токови, имајући у виду да видео снимци омогућавају њихово прегледање неограничен број пута и евидентирање свих дефинисаних догађаја и карактеристика приликом формирања база података.

За обраду података и извођење закључака примењене су основне методе закључивања, статистичке и компаративне методе. Применом статистичких метода формиран су модели за прорачун засићеног саобраћајног тока незаштићеног скретања и капацитета саобраћајне траке на деоници. У дисертацији је, за обраду прикупљених података великог обима, коришћен програмски пакет Microsoft Excel, док је за статистичку анализу коришћен OriginPro 2023b.

Узимајући у обзир природу разматраних проблема, као и остварене резултате, Комисија закључује да примењене научне методе представљају адекватан избор, одговарају по значају, структури и примени, теми докторске дисертације и реализованом истраживању.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати докторске дисертације, поред научне вредности, имају и практичну примену. Формирани модели и утврђене карактеристике пешачких и возачких токова проналазе примену у креирању и евалуацији пројектантских решења регулисања и управљања саобраћајним токовима на укрштањима, доприносећи ефикасном и безбедном опслуживању ових токова.

Формирани модел за прорачун засићеног саобраћајног тока незаштићеног скретања може бити примењен у поступку оптимизације рада светлосних сигнала, као и при прорачуну показатеља ефикасности рада светлосних сигнала, као што су капацитет, временски губици и ниво услуге. Елиминација утицаја експлицитних вредности параметара рада светлосних сигнала, као и дефинисање сета зависности засићеног тока од интензитета пешачког тока, олакшава примену формираног модела за прорачун засићеног саобраћајног тока. Формирани модел нема ограничење примене у погледу максималног експандираног интензитета пешачког тока, за разлику од HCM7 и CCG3 модела, што омогућава његову примену и у условима великих интензитета пешачких токова, који постају све заступљенији у градским подручјима услед фаворизовања пешачења као здравог и одрживог начина кретања. За разлику од релевантних модела који се користе у инжењерској пракси, формиран модел је показао већу прецизност при утврђивању засићеног тока, као и могућност примене у случају левог скретања које има конфликт само са пешацима. Формирани модел омогућава инжењерима да донесу одлуку о граничној вредности удела зеленог у циклусу и потреби за ранијим почетком зеленог за пешаке при датим саобраћајним и геометријским карактеристикама.

Резултати докторске дисертације представљају основ за предложени алтернативни третман скретања у плану фаза, као и за његово тестирање и даље унапређење. Предложени третман скретања представља алтернативу заштићеном скретању, имајући у виду значајне негативне ефекте заштићеног опслуживања скретања за све остале токове на раскрсници, што је посебно изражено на раскрсницама које функционишу на граници капацитета. Имплементација алгоритма алтернативног третмана скретања може допринети смањењу утицаја пешачких токова и ефикаснијем опслуживању скретања.

Формирани модел за прорачун капацитета деонице у зони несигналисаног пешачког прелаза може се применити при прорачуну капацитета и нивоа услуге на деоници. Формирани модел заснива се на примени подмодела за утврђивање времена блокирања услед пропуштања пешака од стране возача. Резултати тог подмодела могу се применити у процедури за утврђивање нивоа услуге на деоници датој у приручнику HCM 7th edition, услед недостатка поступка за утврђивање овог параметра у наведеној процедури.

Утврђене карактеристике понашања пешака инжењерима могу представљати основ за пројектовање пешачке инфраструктуре у складу са тенденцијама пешака, у смислу примене одговарајућих позиција и ширина пешачких прелаза или примене саобраћајне опреме за усмеравање кретања пешака. С друге стране, вредности времена реакције и брзине пешака, утврђене истраживањем, представљају улазни податак за прорачун минималних зелених и заштитних времена у поступку оптимизације параметара рада сигнала. Од посебног значаја су вредности ових параметара утврђене у зависности од старости пешака, које би требало применити на локацијама где је доминантно заступљена популација деце, старијих лица или особа са инвалидитетом, обзиром да примена просечних вредности параметара у том случају не омогућава безбедно опслуживање пешака. На овај начин се омогућава ефикасније и безбедније опслуживање пешака, што је од посебног значаја у савременим урбаним срединама које теже трансформацији ка здравијим и еколошки прихватљивијим транспортним системима.

Свеобухватни резултати истраживања који се односе на карактеристике понашања и параметре опслуживања пешачких и возачких токова налазе примену и у поступку калибрације микросимулационих модела. Од посебног значаја су утврђене дужина и ширина конфликтне зоне, које се разликују од препорука релевантне литературе и критичне вредности интервала слеђења између пешака прихватљивих за возаче, за које недостају препоруке литературе. На овај начин је инжењерима олакшана реализација истраживања прилагођених локалним

условима, у случају када истраживање на терену није могуће или не пружа могућност анализе свих утицајних променљивих. Примена калибрисаних микросимулационих модела омогућава доносиоцима одлука увид у функционисање појединих пројектантских решења и доношење адекватних одлука и мера за унапређење градских саобраћајних система.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидаткиње за самостални научни рад

У досадашњем научно-истраживачком раду кандидаткиња Аница Коцић Стојановић показала је способност да ефикасно приступи решавању научних и стручних проблема. Током израде докторске дисертације показала је изражене вештине у погледу сагледавања научних проблема, дефинисања циљева истраживања и хипотеза које доказује, аналитичког приступа прегледа литературе, одабира метода и начина решавања проблема, спровођења истраживања, одговарајућег начина обраде података, вештине анализе и тумачења добијених резултата, дефинисања закључака и праваца будућих истраживања.

Кандидаткиња је савладала методе научног рада кроз свој рад на докторској дисертацији и верификацију остварених резултата истраживања објављених у водећим међународним и националним научним и стручним часописима, као и кроз успешна излагања на међународним и националним конференцијама. Кандидаткиња је показала и способност за рад на научно-истраживачким студијама и пројектима.

На основу свега наведеног, Комисија сматра да је кандидаткиња Аница Коцић Стојановић несумњиво доказала да поседује потребне способности, вештине и искуства за самостални научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Комисија сматра да је кандидаткиња докторском дисертацијом проширила постојећа знања, верификовала и остварила значајан научни допринос у ужој научној области Регулисање и управљање саобраћајем на мрежи путева и улица, за коју је матичан Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет. Најзначајнији научни доприноси докторске дисертације су:

- идентификовање и квантификовање утицаја интензитета пешачког тока, геометрије раскрснице и начина опслуживања саобраћајних токова на засићен саобраћајни ток на сигнализаним раскрсницама,
- идентификовање и квантификовање утицаја карактеристика пешачког тока на капацитет саобраћајне траке у зони несигнализованог пешачког прелаза,
- утврђивање карактеристика пешачких токова који се опслужују истовремено за возачким токовима на сигнализаним и несигнализаним укрштањима, које су описане кроз карактеристике понашања пешака (расподела започињања опслуживања и ефективна ширина пешачког прелаза) и дефинисане параметре (интензитет, брзина, време реакције, временски губици и интервал слеђења) и њихове међузависности,
- утврђивање карактеристика возачких токова на укрштањима које су исказане кроз карактеристике понашања возача (дужина конфликтне зоне и критичне вредности прихватљивих интервала слеђења) и дефинисане параметре (интензитет, брзина првог возила у реду, време реакције возача првог возила у реду на промену сигналног појма и интервал слеђења) и њихове међузависности,
- формирање и верификовање универзалног модела за утврђивање засићеног тока за десна скретања и незаштићена лева скретања која имају конфликт искључиво са пешацима,
- формирање и верификовање модела за утврђивање капацитета деонице у зони несигнализованог пешачког прелаза,
- дефинисање алгоритма за доношење одлуке о алтернативном третману скретања у плану фаза, а у циљу смањења утицаја пешачких токова.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Узимајући у обзир предмет истраживања, полазне претпоставке и постављене циљеве, Комисија сматра да резултати остварени у докторској дисертацији у потпуности дају одговоре на постављене хипотезе и отворена питања током процеса израде дисертације. Остварени резултати представљају оригиналан приступ за решавање изазова у поступку оптимизације рада светлосних сигнала у смислу моделирања засићеног саобраћајног тока незаштићених скретања, као и у поступку утврђивања капацитета деонице у зони несигналисаног пешачког прелаза.

У дисертацији је, прегледом релевантне литературе, утврђено да постојећи модели за прорачун засићеног тока незаштићеног скретања углавном захтевају експлицитно познавање параметара рада светлосних сигнала, који нису познати пре поступка оптимизације. Формирањем модела за прорачун засићеног тока, чиме је постигнут један од циљева дисертације, превазиђен је основни недостатак постојећих модела. Формирани модел се заснива на експандираном интензитету пешачког тока у односу на ефективно зелено време.

Формирани модел за прорачун засићеног саобраћајног тока инкорпорира утицај геометрије раскрснице, који је од посебног значаја у случају незаштићеног левог скретања које има конфликт са пешацима, на пример на трокраким раскрсницама или четворокраким раскрсницама на којима је супротни крак једносмеран излаз. Карактеристике опслуживања таквог левог скретања се не могу у потпуности поистоветити са опслуживањем десног скретања, што ограничава примену релевантних модела који су предвиђени за примену у случају десних скретања и, евентуално, левих скретања из једносмерне улице. Формираним моделом, применљивим за лева и десна скретања, овај недостатак релевантних модела који се најчешће примењују у инжењерској пракси је превазиђен.

Формираним моделом инкорпориран је и утицај начина опслуживања предметних токова, који указује на могућност елиминације или смањења утицаја пешака на ефикасност опслуживања скретања, на чему се заснива и предложени третман скретања. Предложени третман скретања представља алтернативу заштићеном опслуживању скретања или ранијем почетку зеленог у фиксном режиму рада сигнала, који могу допринети повећању временских губитака свих токова на раскрсници. Алтернативни третман се заснива на процени утицаја тренутног броја накупљених пешака на конфликтном пешачком прелазу на ефикасност опслуживања скретања у реалном времену, применом предложеног алгорита.

У дисертацији је приказано да не постоје процедуре за квантификовање утицаја пешачких токова на капацитет деонице у зони несигналисаног пешачког прелаза. Овај недостатак је превазиђен формирањем модела за прорачун капацитета деонице у зони несигналисаног пешачког прелаза, који инкорпорира утицај пешачког тока кроз време блокирања проласка услед пропуштања пешачког тока одређеног интензитета. Формирани модел омогућава прорачун капацитета и нивоа услуге на деоници.

Евидентна одступања вредности параметара опслуживања пешачких токова међу локацијама и кроз време захтевају утврђивање актуелних вредности ових параметара у локалним условима. Од посебног значаја су време реакције и брзина пешака који се примењују у поступку оптимизације параметара рада светлосних сигнала и омогућавају ефикасније и безбедније опслуживање пешака. С друге стране, утврђена величина конфликтне зоне се разликује од препорука релевантне литературе, што може допринети подцењивању утицаја пешачких токова. Такође, утврђене су критичне вредности интервала слеђења између пешака прихватљивих за возаче, за које недостају препоруке литературе, с обзиром да су пешачки токови најчешће третираны као неприоритетни, што је овим истраживањем оповргнуто.

На основу свега наведеног, Комисија закључује да знања, модели и развијена методологија проистекли из истраживања током израде ове докторске дисертације представљају значајно наслеђе за будуће истраживачке пројекте и истраживања из области саобраћајног инжењерства.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси остварени у оквиру ове докторске дисертације верификовани су објављивањем резултата истраживања у реномираном међународном часопису са SCI листе, у домаћим научним часописима, као и саопштавањем резултата истраживања на научно-стручним скуповима и конференцијама. Научни доприноси дисертације верификовани су објављивањем следећих радова:

Радови објављени у часописима међународног значаја, категорија M23:

1. **Kocić, A.**, Čelar, N., Stanković, S., Kajalić, J. (2022). Simulation Modelling of Permitted Left-Turn Saturation Flow Rate Based on Opposing Through-Flow Degree of Saturation. *Promet - Traffic&Transportation*, 34(3), pp: 475-485. (IF₂₀₂₂ = 1.0) (ISSN 1848-4069) <https://doi.org/10.7307/ptt.v34i3.3890>

Радови објављени у домаћим научним часописима, категорије M51, M52 и M53:

2. Стојков, М., Челар, Н., Кајалић, Ј., Станковић, С., **Коцић, А.** (2019). Поређење реалних и теоријских вредности капацитета на сигналисаним раскрсницама. *Техника*, 66(5), стр. 704-708, DOI: 10.5937/tehnika1905704S.
3. **Коцић, А.**, Челар, Н., Кајалић, Ј., Станковић, С. (2018). Истраживање вредности засићеног саобраћајног тока на удвојеним тракама за лево скретање. *Техника*, 65(2), стр. 254-261, DOI: 10.5937/tehnika1802254K.
4. **Коцић, А.**, Челар, Н., Станковић, С. (2018). Калибрација VISSIM-а за незаштићено лево скретања на сигналисаним раскрсницама у Београду. *Пут и саобраћај*, 64(4), стр. 49-53, DOI: 10.31075/PIS.64.04.07

Зборници радова са скупова националног значаја објављени у целини, категорија M63:

5. **Коцић Стојановић, А.** (2024).Брзина пешачких токова на сигналисаним раскрсницама – преглед литературе.Зборник радова, 2. научно-стручни скуп са међународним учешћем Добра пракса у друмском саобраћају и транспорту, Београд, Република Србија, 17. мај 2024, стр. 252-259.
6. **Коцић Стојановић, А.** (2022).Вишекритеријумска оптимизација параметара рада светлосних сигнала на изолованој раскрсници. *Зборник радова, 1. научно-стручни скуп са међународним учешћем Добра пракса у друмском саобраћају и транспорту*, Београд, Република Србија, 11 - 12. мај 2022, стр. 424-433.
7. **Коцић Стојановић, А.**, Станковић, С., Челар, Н., Кајалић, Ј. (2022). Утицај трепћућег зеленог сигналног појма на ефективно зелено време. *Зборник радова, 13. научно-стручна конференција са међународним учешћем о ТЕхникама у Саобраћајном инжењерству ТЕСи*, Врњачка Бања, Република Србија, 13 - 14. октобар, 2022, стр. 27-33. DOI: 10.37528/FTTE/9788673954585/TESi.2022.015
8. **Коцић, А.**, Челар, Н., Станковић, С. (2018). Анализа модела за прорачун засићеног саобраћајног тока за незаштићена лева скретања из ексклузивне траке. *Зборник радова, 3. српски Конгрес о путевима*, Београд, Република Србија, 14 - 15. јун 2018. године, стр. 532-542.
9. **Коцић, А.**, Челар, Н., Станковић, С. (2018). Калибрација VISSIM-а за незаштићено лево скретање на сигналисаним раскрсницама у Београду. *Зборник радова, XII конференција са међународним учешћем ТЕСи - ТЕхнике Саобраћајног Инжењерства*, Врњачка бања, Република Србија, 18 - 19. октобар 2018. године, стр. 49-54.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Разматрајући структуру рада, научне доприносе, примењене научне методе, као и обим и квалитет истраживања, развијене моделе и добијене резултате, Комисија закључује да докторска дисертација под називом „**Моделирање утицаја пешачких токова на саобраћајни процес на укрштањима**“, кандидаткиње **Анице Коцић Стојановић**, мастер инжењера

саобраћаја, испуњава све критеријуме, стандарде и услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Београду и Статутом Саобраћајног факултета.

Докторска дисертација представља значајан и практично примењив научни допринос у ужој научној области Регулисање и управљање саобраћајем на мрежи путева и улица. Тема обрађена у докторској дисертацији је значајна и актуелна у стручној и научној јавности са теоријског аспекта, као и са аспекта примењивости резултата. Кандидаткиња Аница Коцић Стојановић је успешно завршила дисертацију у складу са предвиђеним предметом, постављеним циљевима и задацима истраживања и остварила оригиналне научне доприносе, користећи расположиву литературу и резултате сопствених експерименталних истраживања. Комисија сматра да је докторска дисертација кандидаткиње Анице Коцић Стојановић оригиналан, савремен и значајан научни рад, који доказује потпуну научно-истраживачку зрелост кандидаткиње и представља у пракси примењив научни допринос.

На основу свега изложеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да докторска дисертација представља савремен и оригинални научни рад са научним доприносом у научној области **Саобраћајно инжењерство**, ужа научна област **Регулисање и управљање саобраћајем на мрежи путева и улица**, па сагласно томе са задовољством предлаже Научно-наставном већу Универзитета у Београду - Саобраћајног факултета, да овај Реферат прихвати, стави докторску дисертацију под називом „**Моделирање утицаја пешачких токова на саобраћајни процес на укрштањима**“ кандидаткиње **Анице Коцић Стојановић** на увид јавности и упути на усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а потом закаже њену јавну одбрану.

У Београду,

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

18.2.2026.године

др **Владан Тубић**, редовни професор у пензији
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

др **Владимир Ђорић**, редовни професор
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

др **Горан Младеновић**, ванредни професор
Универзитет у Београду – Грађевински факултет