

Одлуком Наставно-научног вијећа Саобраћајног факултета Добој, Универзитета у Источном Сарајеву, број ННВ: 253-6/26 од 19.02.2026., именована је Комисија за оцјену и одбрану урађене докторске дисертације кандидата Бојане Ристић под насловом „Истраживање параметара нивоа услуге на пјешачким прелазима сигналисаних раскрсница“ (у даљем тексту: Комисија¹) у сљедећем саставу:

- Др Марко Суботић, редовни професор, ужа научна област: „Транспортно инжењерство“, Универзитет у Источном Сарајеву, Саобраћајни факултет Добој – председник комисије;
- Др Вук Богдановић, редовни професор, ужа научна област: „Планирање, регулисање и безбедност саобраћаја“, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука – ментор и члан комисије;
- Др Тихомир Ђурић, редовни професор, ужа научна област: „Транспортно инжењерство“, Универзитет у Источном Сарајеву, Саобраћајни факултет Добој – коментор и члан комисије;
- Др Валентина Мирковић, редовни професор, ужа научна област: „Планирање, регулисање и безбедност саобраћаја“, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука – члан комисије;
- Др Драженко Главић, редовни професор, ужа научна област: „Експлоатација и управљање путевима“, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет – члан комисије.

Комисија је прегледала и оцијенила докторску дисертацију и о томе подноси Наставно-научном вијећу Саобраћајног факултета Добој, Универзитета у Источном Сарајеву, сљедећи

ИЗВЈЕШТАЈ о оцјени урађене докторске дисертације

1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Докторска дисертација представља оригиналан и научно утемељен допринос области саобраћајног инжењерства, уже научне области транспортног инжењерства, са посебним фокусом на анализу понашања пјешака на сигналисаним пјешачким прелазима. Актуелност теме произилази из све израженијих захтјева за унапређењем безбједности и ефикасности пјешачког саобраћаја у урбаним срединама, као и из потребе за прецизнијим дефинисањем параметара који утичу на пројектовање и оптимизацију сигналних планова са аспекта пјешака.

У оквиру савремене теорије и праксе пројектовања сигналисаних раскрсница, посебан значај имају параметри који директно утичу на ефективно искоришћење зеленог времена и на ниво услуге пјешачких токова. Један од таквих параметара је почетно вријеме пјешака, које представља временски интервал од појаве зеленог сигналног знака до тренутка започињања кретања пјешака. Иако представља један од кључних временских параметара у анализи понашања пјешака на сигналисаним пјешачким прелазима, у постојећој литератури почетно вријеме пјешака углавном је разматрано парцијално, без његове систематске интеграције у анализу сигналних планова и оцјену нивоа услуге пјешака.

Кандидат у дисертацији препознаје наведени истраживачки јаз и полази од става да понашање пјешака, као субјективни фактор, у значајној мјери утиче на реалне услове одвијања саобраћаја на сигналисаним пјешачким прелазима. Иако су технички услови и геометријске карактеристике раскрсница унапријед дефинисани, доношење одлуке о започињању кретања након појаве зеленог сигнала зависи од индивидуалних процјена пјешака, њихових навика, искуства, старосне структуре и перцепције ризика. Управо због

¹ Комисија мора бити именована у складу са чланом 40. Правилника о студирању на трећем циклусу студија на Универзитету у Источном Сарајеву.

тога, математички дефинисане вриједности параметара у сигналним плановима не одражавају увијек реално понашање пјешака у конкретном саобраћајном окружењу. Посебан научни допринос дисертације огледа се у чињеници да је, на основу опсежних теренских истраживања спроведених у више урбаних средина, формирана репрезентативна база података која омогућава поуздану анализу почетног времена пјешака у различитим условима одвијања саобраћаја, односно за различите начине рада светлосне сигнализације. У оквиру рада, кандидат систематски анализира утицај постојања дисплеја за одбројавање времена на понашање пјешака, што представља релативно слабо истражену област у домаћој и регионалној научној литератури, посебно у контексту њеног утицаја на ефективно зелено вријеме и ниво услуге пјешачких токова, као и на понашање пешака.

Примјеном напредних интегрисаних fuzzy и fuzzy-rough MCDM модела, дисертација проширује постојећи теоријско-методолошки оквир за вредновање перформанси сигналисаних пјешачких прелазна. Овим приступом омогућено је свеобухватно сагледавање утицаја понашања пјешака на рад саобраћајних система у условима неизвјесности и варијабилности, што представља значајан искорак у односу на класичне детерминистичке приступе који доминирају у постојећим смјерницама и приручницима.

Имајући у виду да нетачно или поједностављено сагледавање почетног времена пјешака може довести до погрешне процјене ефективног зеленог времена, нивоа услуге и укупних перформанси сигналисаних раскрсница, резултати ове дисертације имају изразит научни и практични значај. Они представљају поуздану основу за унапређење постојећих метода оптимизације сигналних планова, као и за доношење квалитетнијих одлука у процесу планирања и управљања пјешачким саобраћајем у урбаним срединама.

На основу свега наведеног, може се закључити да докторска дисертација представља значајан, оригиналан и актуелан научни допринос развоју уже научне области транспортног инжењерства и у потпуности одговара захтјевима који се постављају пред један докторски рад.

2. Оцјена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Комисија оцјењује да докторска дисертација представља резултат оригиналног и самосталног научноистраживачког рада кандидата у оквиру уже научне области транспортног инжењерства. Оригиналност дисертације заснива се, прије свега, на избору истраживачког проблема, начину његовог сагледавања, као и на примјени савремених аналитичких и моделских приступа у анализи понашања пјешака на сигналисаним пјешачким прелазима.

Систематичним прегледом релевантне научне литературе утврђено је да су бројна истраживања усмјерена на анализу безбједности и ефикасности пјешачког саобраћаја, али да је почетно вријеме пјешака као посебан временски параметар најчешће обрађивано површински или у оквиру ширих анализа, без јасног повезивања са перформансама сигналних планова и нивоом услуге пјешачких токова. Посебно је уочен недостатак истраживања која овај параметар разматрају кроз упоредне анализе у различитим урбаним срединама и реалним условима одвијања саобраћаја.

Значајан научни допринос ове докторске дисертације огледа се у чињеници да су анализе засноване на опсежним теренским мјерењима спроведеним у природним условима, без утицаја експерименталног окружења на понашање пјешака. На тај начин, добијени резултати одражавају стварне обрасце понашања пјешака и пружају поуздану основу за доношење научно утемељених закључака.

Комисија посебно истиче да дисертација, примјеном напредних вишекритеријумских метода одлучивања у условима неизвјесности, по први пут нуди интегрисан приступ вредновању утицаја почетног времена пјешака на ефективно зелено вријеме, сигналне планове и ниво услуге на сигналисаним пјешачким прелазима. Оваквим приступом превазилазе се ограничења класичних анализа и обезбјеђује свеобухватније сагледавање реалних услова функционисања пјешачког саобраћаја.

Имајући у виду оригиналност истраживачког приступа, примјењену методологију и добијене резултате, Комисија закључује да предметна докторска дисертација представља оригиналан, научно релевантан и самосталан допринос развоју одговарајуће научне области.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

Кандидаткиња је из подручја истраживања докторске дисертације објавила сљедеће радове:

1. **Ristić, B.**, Bogdanović, V., Stević, Ž., Marinković, D., Papić, Z., & Gojković, P. (2024). Evaluation of Pedestrian Crossings Based on the Concept of Pedestrian Behavior Regarding Start-Up Time: Integrated Fuzzy MCDM Model. *Tehnički vjesnik*, 31(4), 1206-1214.
2. Jović, A., **Ristić, B.**, Stanimirović, D., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Obradović, R., & Stević, Ž. (2025). Multiphase interval fuzzy-rough MCDM model for intersections evaluation based on pedestrian behaviour. *Studies in Informatics and Control*, 34(1), 25–35. <https://doi.org/10.24846/v34i1y202502>
3. **Ristić, B.**, Bogdanović, V., & Stević, Ž. (2024). Urban evaluation of pedestrian crossings based on start-up time using the MEREC-MARCOS model. *Journal of Urban Development and Management*, 3(1), 34–42. <https://doi.org/10.56578/judm030103>
4. Stević, Ž., **Ristić, B.**, Bogdanović, V., & Subotić, M. (2024). Comparison of signalized intersections based on start-up time of pedestrians: Fuzzy MCDM model. In *Proceedings of the International Conference TRANSBALTICA: Transportation Science and Technology* (pp. 598–606). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-85390-6_56

4. Оцјена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему (по поглављима)²

Докторска дисертација кандидата Бојане Ристић под насловом „Истраживање параметара нивоа услуге на пјешачким прелазима сигналисаних раскрсница“ садржи укупно 158 страница, укључујући насловну страну, кључну документацијску информацију, резиме на српском и енглеском језику, попис слика и табела, захвалницу и садржај. Главни текст дисертације је обима 141 страница, а у оквиру којих је приказано 49 табела, 90 слика и 99 референци. Из прегледа садржаја дисертације види се да је структурирана у осам поглавља:

1. Увод
2. Услови одвијања пјешачког саобраћаја на раскрсницама
3. Ниво услуге
4. Аналитички преглед претходних истраживања
5. Истраживање карактеристика пјешачког саобраћаја на сигналисаним раскрсницама
6. Резултати мјерења и истраживања
7. Примјена интегрисаних MCDM метода у анализи пјешачких прелаза на основу понашања пјешака
8. Закључна разматрања

Обимом и квалитетом презентованог садржаја кандидаткиња је, по јединственом мишљењу Комисије, у потпуности одговорила на све постављене циљеве и задатке истраживања докторске дисертације, при чему су остварени значајни научни доприноси и предложена оригинална рјешења у области анализе пјешачког понашања и вредновања пјешачких прелаза. Посебно се истиче систематичан и аналитички приступ у дефинисању и провјери постављених истраживачких хипотеза, као и примјена савремених квантитативних метода у анализи добијених резултата.

У наставку овог дијела Извјештаја о оцјени урађене докторске дисертације приказани су најзначајнији садржаји по појединим поглављима.

² Испуњеност обима и квалитета у односу на пријављену тему, нарочито, треба да садржи: аналитички и системски прилаз у оцјењивању истраживачког постављеног предмета, циља и задатака у истраживању; испуњеност научног прилаза у доказивању тврдњи или претпоставки у хипотезама, са обрадом података.

У првом поглављу представљена су уводна разматрања из области теме докторске дисертације, при чему је истакнут значај пјешачког саобраћаја у савременим урбаним срединама. Дефинисани су предмет и циљеви истраживања, формулисане основне и помоћне хипотезе, описане примјењене методе истраживања, као и дата структура докторске дисертације.

У другом поглављу дат је теоријски оквир пјешачког саобраћаја у урбаним условима, са посебним освртом на карактеристике пјешачких кретања, безбједност пјешака и утицај саобраћајне инфраструктуре на њихово понашање.

Треће поглавље посвећено је анализи понашања пјешака на сигналисаним пјешачким прелазима, са акцентом на параметре који описују почетно вријеме пјешака, реакцију на сигналне индикације и утицај додатних уређаја, као што су дисплеји за одбројавање времена. У четвртном поглављу извршен је детаљан аналитички преглед релевантних домаћих и иностраних истраживања која се баве проблематиком пјешачког понашања, нивоа услуге пјешачких прелаза и примјене различитих аналитичких и мултикритеријумских метода у области саобраћајног инжењерства.

Пето поглавље обухвата методологију спроведеног истраживања. У оквиру овог поглавља описан је простор и вријеме истраживања, начин прикупљања података, дефинисање узорка, као и поступак обраде и припреме података за даљу анализу.

У шестом поглављу приказани су резултати мјерења и статистичке анализе понашања пјешака на сигналисаним пјешачким прелазима у анализираним градовима. Дати су упоредни прикази резултата за пјешачке прелазе са дисплејем и без дисплеја, као и анализа утицаја појединих фактора на почетно вријеме пјешака.

Седмо поглавље посвећено је примјени интегрисаних MCDM метода у циљу вредновања и рангирања пјешачких прелаза на основу дефинисаних критеријума који произилазе из понашања пјешака. Представљени су резултати мултикритеријумске анализе, као и спроведене провере стабилности и осјетљивости добијених рјешења.

У осмом поглављу изнесена су закључна разматрања, сумирани су најзначајнији резултати истраживања и дати правци будућих истраживања у области анализе пјешачког понашања и унапређења функционисања сигналисаних пјешачких прелаза.

5. Научни резултати докторске дисертације

У овој докторској дисертацији представљени су резултати свеобухватног истраживања понашања пјешака на сигналисаним пјешачким прелазима, са посебним акцентом на анализу почетног времена пјешака при започињању преласка коловоза. Циљ истраживања био је утврђивање утицаја различитих саобраћајних и инфраструктурних фактора, као и присуства дисплеја за одбројавање времена, на понашање пјешака у урбаним срединама.

Мјерењем понашања пјешака у реалним условима одвијања саобраћаја, примјеном видео-методе, формирана је обимна база података која обухвата укупно више хиљада појединачних опсервација пјешака на сигналисаним пјешачким прелазима у више градова. Након извршене селекције и елиминације неконзистентних и екстремних вриједности, формиран је основни скуп података на основу којег су спроведене даље анализе.

Анализа основног скупа података обухватила је испитивање расподјеле почетног времена пјешака, као и упоредну анализу понашања пјешака на пјешачким прелазима са дисплејем и без дисплеја за одбројавање времена. Показано је да облик и положај кривих расподјеле почетног времена варирају у зависности од посматране локације, локалних саобраћајних услова и типа сигнализације. Посебно је уочено да присуство дисплеја утиче на смањење варијабилности понашања пјешака и на уједначенију реакцију пјешака на појаву зеленог сигналног индикационог поља.

Резултати анализе су показали да код пјешачких прелаза без дисплеја постоји већа распршеност почетног времена пјешака, као и израженије осцилације у реакцији пјешака на сигналне промјене. Са друге стране, на пјешачким прелазима са дисплејем уочено је постепено и предвидљивије укључивање пјешака у процес преласка, што указује на стабилније понашање и већу информисаност пјешака.

Добијени резултати директно указују на постојање значајних разлика у понашању пјешака у зависности од примјењеног начина информисања о трајању сигналне фазе, чиме је потврђена

хипотеза да додатни уређаји за приказ преосталог времена имају утицај на понашање пјешака на сигналисаним пјешачким прелазима.

На основу анализе понашања пјешака, извршена је идентификација релевантних критеријума који описују квалитет функционисања сигналисаних пјешачких прелаза. Примјеном интегрисаних мултикритеријумских метода одлучивања (MCDM) извршено је вредновање и рангирање анализираних пјешачких прелаза у зависности од параметара који произилазе из понашања пјешака.

Резултати мултикритеријумске анализе показали су да се пјешачки прелази значајно разликују по нивоу функционалности и прилагођености пјешачком понашању, при чему су пјешачки прелази са дисплејом у већини случајева остварили повољније позиције у рангирању. Спроведене анализе осјетљивости и стабилности потврдиле су поузданост добијених резултата и конзистентност предложеног модела.

Сумирајући наведене резултате, може се закључити да понашање пјешака представља значајан фактор који директно утиче на оцјену квалитета и функционисања сигналисаних пјешачких прелаза. На тај начин су потврђене постављене хипотезе докторске дисертације, а добијени резултати представљају значајан научни допринос у области анализе пјешачког саобраћаја и примјене мултикритеријумских метода у саобраћајном инжењерству.

6. Примјењивост и корисност резултата у теорији и пракси³

Истраживање спроведено у оквиру ове докторске дисертације има изражен теоријски, али и значајан практични допринос. Са теоријског аспекта, истраживање је значајно јер се бави анализом понашања пјешака на сигналисаним пјешачким прелазима, што представља недовољно истражено, а веома актуелно проблемско подручје у области саобраћајног инжењерства и анализе пјешачког саобраћаја. Посебан допринос огледа се у увођењу почетног времена пјешака као релевантног параметра за опис и разумијевање понашања пјешака при започињању преласка коловоза.

Са практичног аспекта, значај истраживања огледа се у могућности примјене добијених резултата у планирању, пројектовању и анализи сигналисаних пјешачких прелаза у урбаним срединама. Добијени резултати пружају реалније и прецизније информације о реакцији пјешака на сигналне индикације, посебно у зависности од примјене дисплеја за одбројавање времена, што је од изузетног значаја за прилагођавање сигналних планова и унапређење услова кретања пјешака.

Наиме, у пракси се често користе универзалне или препоручене вриједности параметара које не одражавају у потпуности локалне услове и специфичности понашања пјешака. Усвајање таквих вриједности може довести до неадекватне процјене функционалности пјешачких прелаза и доношења погрешних закључака у процесу планирања и управљања саобраћајем. Резултати ове докторске дисертације омогућавају објективизацију анализе сигналисаних пјешачких прелаза кроз примјену параметара који су добијени на основу истраживања спроведених у реалним локалним условима.

Посебан практични значај огледа се у примјени интегрисаних мултикритеријумских метода одлучивања (MCDM), које омогућавају систематско вредновање и рангирање пјешачких прелаза на основу више критеријума који произилазе из понашања пјешака. На овај начин, резултати истраживања могу бити директно кориштени у оквиру саобраћајних студија, анализа безбједности и пројеката унапређења пјешачке инфраструктуре, такође и као подршка доносиоцима одлука у идентификацији критичних локација.

Имајући у виду да понашање пјешака значајно варира у зависности од локалног контекста, резултати ове докторске дисертације представљају полазну основу за даља истраживања усмјерена на прилагођавање прорачунских и аналитичких поступака условима конкретних урбаних средина. Очекује се да добијени резултати иницирају додатна истраживања у циљу њихове шире имплементације у методологије анализе пјешачког саобраћаја и унапређења постојећих апликативних алата.

Поред наведеног, резултати истраживања могу наћи примјену и у области безбједности саобраћаја, јер боље разумијевање понашања пјешака при започињању преласка коловоза омогућава креирање ефикаснијих мјера заштите рањивих учесника у саобраћају. У том

³ Истаћи посебно примјењивост и корисност у односу на постојећа рјешења теорије и праксе.

смислу, добијени резултати могу послужити као основа за едукацију, израду препорука и унапређење праксе у области управљања пјешачким саобраћајем. Комисија сматра да резултати истраживања представљени у овој докторској дисертацији имају јасну теоријску и практичну примјенивост и да, поред локалног значаја, могу наћи примјену и у другим урбаним срединама са сличним саобраћајним условима.

7. Презентовање резултата научној јавности⁴

Теоријска и експериментална истраживања која представљају већи дио докторске дисертације кандидата Бојане Ристић, дијелом су презентована научној и стручној јавности објављивање радова у релевантним научним часописима као и у зборнику радова на међународној конференцији:

1. **Ristić, B.**, Bogdanović, V., Stević, Ž., Marinković, D., Papić, Z., & Gojković, P. (2024). Evaluation of Pedestrian Crossings Based on the Concept of Pedestrian Behavior Regarding Start-Up Time: Integrated Fuzzy MCDM Model. *Tehnički vjesnik*, 31(4), 1206-1214.
2. Jović, A., **Ristić, B.**, Stanimirović, D., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Obradović, R., & Stević, Ž. (2025). Multiphase interval fuzzy-rough MCDM model for intersections evaluation based on pedestrian behaviour. *Studies in Informatics and Control*, 34(1), 25–35. <https://doi.org/10.24846/v34i1y202502>
3. **Ristić, B.**, Bogdanović, V., & Stević, Ž. (2024). Urban evaluation of pedestrian crossings based on start-up time using the MEREC-MARCOS model. *Journal of Urban Development and Management*, 3(1), 34–42. <https://doi.org/10.56578/judm030103>
4. Stević, Ž., **Ristić, B.**, Bogdanović, V., & Subotić, M. (2024). Comparison of signalized intersections based on start-up time of pedestrians: Fuzzy MCDM model. In *Proceedings of the International Conference TRANSBALTICA: Transportation Science and Technology* (pp. 598–606). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-85390-6_56

8. ЗАКЉУЧАК И ПРИЈЕДЛОГ⁵

Детаљан преглед коначног садржаја урађене докторске дисертације кандидаткиње мсц Бојане Ристић под насловом „Истраживање параметара нивоа услуге на пјешачким прелазима сигналисаних раскрсница“ резултирао је јединственим закључком Комисије, који проистиче из аналитичког приказа датог у овом Извјештају:

1. Да је докторска дисертација урађена, по свим критеријумима вредновања, у складу са Пријавом теме коју је одобрило Наставно-научно вијеће Саобраћајног факултета Добој и Сенат Универзитета у Источном Сарајеву, у погледу предмета, циљева, метода и очекиваних резултата истраживања;
2. Да је у изради дисертације примијењена веома богата научна методологија са бројним класичним и савременим научним методама, техникама и инструментима, моделима и софтверским технологијама;
3. Да су циљеви истраживања постигнути у ширем обиму и на вишем нивоу од оних који су зацртани у Пријави теме;
4. Да су истраживачке хипотезе пажљиво провјераване и аргументовано доказане;
5. Да су добијени резултати изузетно корисни и разрађени у великом броју теоријских анализа и практичних примјена;
6. Да су у дисертацији конзистентно заступљени академски и етички принципи у позивању кандидата на релевантне изворе и њихово одговорно коришћење, што је потврђено провјером оригиналности докторске дисертације примјеном софтвера iThenticate, при чему је утврђено да подудараност текста износи 15%. Наведени проценат подударности директна је посљедица коришћења цитата, личних имена аутора, библиографских података о литератури, претходно публикованих резултата

⁴ У складу са чланом 37. Правилника о студирању на трећем циклусу студија на Универзитету у Источном Сарајеву.

⁵ У закључку се, поред осталог, наводи и назив квалификације коју докторанд стиче одбраном тезе.

истраживања докторанда, познатих математичких формулација, назива метода и уобичајених језичких формулација;

7. Да су циљеви истраживања у потпуности реализовани и да је докторска дисертација резултат оригиналног истраживања кандидата;
8. Да кандидат има четири објављена научна рада из подручја истраживања докторске дисертације, од којих су два рада објављена у међународним научним часописима са SCI листе.

На основу свега изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном вијећу Саобраћајног факултета Добој и Сенату Универзитета у Источном Сарајеву да прихвати овај Извјештај о позитивној оцјени и кандидату одобри усмену јавну одбрану докторске дисертације.

Квалификација која се стиче успјешном одбраном докторске дисертације је
ДОКТОР САОБРАЋАЈНИХ НАУКА
480 ECTS – Друмски и градски саобраћај

Комисија:

1. **Др Марко Суботић**, редовни професор, ужа научна област: „Транспортно инжењерство“, Универзитет у Источном Сарајеву, Саобраћајни факултет Добој – предсједник комисије;

2. **Др Вук Богдановић**, редовни професор, ужа научна област: „Планирање, регулисање и безбедност саобраћаја“, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука – ментор и члан комисије;

3. **Др Тихомир Ђурић**, редовни професор, ужа научна област: „Транспортно инжењерство“, Универзитет у Источном Сарајеву, Саобраћајни факултет Добој – коментор и члан комисије;

4. **Др Валентина Мировић**, редовни професор, ужа научна област: „Планирање, регулисање и безбедност саобраћаја“, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука – члан комисије;

5. **Др Драженко Главић**, редовни професор, ужа научна област: „Експлоатација и управљање путевима“, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет – члан комисије;

Мјесто: Нови Сад-Добој-Београд
Датум: 12.03.2026

Издвојено мишљење⁶:

1. _____, у звању _____ (НО _____, УНО
_____, Универзитет _____,
Факултет _____ у _____, члан Комисије;

Образложење:

⁶ Чланови комисије који се не слажу са мишљењем већине чланова комисије, обавезни су да у Извјештај унесу издвојено мишљење са образложењем разлога због којег се не слажу са мишљењем већине чланова комисије (члан комисије који је издвојио мишљење потписује се испод навода о издвојеном мишљењу).