

ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ БЕОГРАД

ПРИМЉЕНО: 12 APR 2016			
Орг. јед.	Број	Прилог	Вредност
02	45/11-13	-	-

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Невене Вајдић

Одлуком бр. 45/9-13 од 25.03.2016. године именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Невене Вајдић, дипл. грађ. инж., под насловом

### СТОХАСТИЧКИ МОДЕЛ ЗА УТВРЂИВАЊЕ ОПТИМАЛНЕ ПУТАРИНЕ

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

## РЕФЕРАТ

### 1. УВОД

#### 1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Докторска дисертација мр Невене Вајдић пријављена је 28.01.2013. године на Грађевинском факултету Универзитета у Београду под насловом "Развој методологије за утврђивање оптималне висине путарине за путеве са системом наплате" (на енглеском језику "Development of a methodology for estimating optimal toll rates for highway concessions"). Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета бр. 45/2 од 14.02.2013. године, одређена је Комисија за пријем теме докторске дисертације у саставу: доц. др Горан Младеновић, проф. др Cesar Queiroz (гостујући професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду), в. проф. др. Иван Дамњановић (Texas A&M University, College Station, САД), и доц. др Ненад Иванишевић. Позитиван извештај Комисије за пријем теме докторске дисертације усвојен је на седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета одржаној 04.04.2013. године (одлука бр. 45/4 од 08.04.2013. године). Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 28.05.2013. године је одложило разматрање захтева за сагласност на предлог теме докторске дисертације уз предлог за корекцију теме (одлука бр. 61206/1999/2-13 од 28.5.2013. године). На седници одржаној 20.06.2013. године Наставно-научно веће Грађевинског факултета на предлог Катедре за путеве, аеродроме и железнице је усвојило измењен предлог теме дисертације „Стохастички модел за утврђивање оптималне путарине“ (одлука бр. 45/7 од 21.06.2013. године) и упутило га Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду. Веће области на седници одржаној 24.09.2013. године (одлука бр. 61206/1999/5-13 од 24.09.2013. године) усвојило је предлог теме докторске дисертације кандидаткиње мр Невене Вајдић под измењеним насловом "Стохастички модел за утврђивање оптималне путарине".

Кандидаткиња је урађену докторску дисертацију предала Служби за студентска питања Грађевинског факултета 17.03.2016. године.

## 1.2. Научна област дисертације

Тема докторске дисертације припада научној области Грађевинарство, ужој научној области Грађење и одржавање путева и аеродрома и Грађевински менаџмент које су дефинисане Статутом Грађевинског факултета Универзитета у Београду.

Радови који квалификују ментора в. проф. др Горана Младеновића за вођење докторске дисертације, публиковани у међународним часописима су:

### Категорија M22

1. Cirilovic, J., Vajdic, N. **Mladenovic, G.** Queiroz, C.: Developing Cost Estimation Models for Road Rehabilitation and Reconstruction – Case study: Projects in Europe and Central Asia, *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(3), 2013.

### Категорија M23

2. Cirilovic, J., **Mladenovic, G.**, Queiroz, C.: Implementation of Preventive Maintenance in Network-Level Optimization: Case Study of the Serbian Low-Volume Road Network, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2473, National Research Council, Washington D.C., USA, pp. 49 – 55. DOI: 10.3141/2473-06, 2015.
3. Queiroz, C., Vajdic, N. and **Mladenovic, G.**: Public-private partnerships in roads and government support: trends in transition and developing economies, *Transportation Planning and Technology*, Vol. 36, No. 3, pp. 231-243, 2013.
4. **Mladenovic, G.**, Cirilovic, J., Queiroz, C.: Network-level pavement management: The case of Serbian low-volume roads, *Transportation Research Record*, No. 2205, National Research Council, Washington D.C., USA, pp. 221 – 228, 2011.
5. **Mladenovic, G.**, Jiang, Y.J., Selezneva, O., Aref, C., Darter, M.: Comparison between As-Constructed and As-Designed Flexible Pavement Layer Thicknesses, *Transportation Research Record*. No. 1853, National Research Council, Washington D.C., USA, pp. 165 – 176, 2003.

### Рад у међународном часопису индексираним у SCOPUS-у

6. **Mladenovic, G.**, Vajdic, N., Wundsch, B., and Temeljotov-Salaj, A. Use of Key Performance Indicators for PPP Transport Projects to Meet Stakeholders' Performance Objectives, *Built Environment Project and Asset Management*, 3(2), pp. 228-249, 2013.

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Мр Невена Вајдић рођена је 20.01.1976. године у Београду, где је завршила основну школу и гимназију. На Грађевински факултет се уписала 1994. године и дипломирала 2002. године на Одсеку за путеве и железнице са оценом 10, са дипломским радом из предмета Пројектовање путева под насловом "Идејно решење денивелисане раскрснице "Батајница" на укрштају аутопута Е-75: Добановци-Батајница, и Булевара Лењина". Студије је завршила са укупном просечном оценом 7,40. Од 2007. до 2009. године борави у Тексасу, САД, где завршава магистарске студије на Универзитету Texas A&M. Магистарску тезу под насловом "Network based evaluation method for financial analysis of toll roads" је одбранила на Одсеку за грађевински менаџмент. Магистарска теза је нострификована на Универзитету у Београду решењем бр. 06-613-30/4-10 од 22.02.2010. године. Докторску дисертацију је пријавила на Грађевинском факултету Универзитета у Београду у јануару 2013. године.

Радно искуство у струци започиње по завршетку основних студија 2002. године у Институту ИМС, Београд. Од 2007. године до 2009. године ради као истраживач у Texas Transportation

Institute, САД. Од 2011. године је запослена у Аеродром Никола Тесла, Београд, где и данас ради у Сектору одржавања објеката и инсталација.

У периоду од 2010. до 2014. године учествовала је у COST акцији TUD1001 “Public Private Partnerships in Transport: Trends and Theory”, а од 2014. учествује у CEDR (Conference of European Directors of Roads) пројекту X-ARA “Cross Asset Risk Assessment”. Тренутно учествује у Horizon 2020 пројекту BENEFIT “Business Models for Enhancing Funding and Enabling Financing for Infrastructure in Transport”, као члан тима Грађевинског факултета.

Удата је. Мајка је две девојчице.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација "Стохастички модел за утврђивање оптималне путарине", мр Невене Вајдић, садржи укупно 128 страна, од којих је основни текст на 107 страна. Дисертација је писана на енглеском језику. Текст дисертације је подељен у седам поглавља:

1. Увод
2. Преглед литературе
3. Методологија истраживања
4. Детерминистички приступ
5. Стохастички приступ
6. Студије случаја
7. Резиме, закључци и препоруке за даља истраживања

Дисертација садржи 17 слика и 20 табела. Списак цитиране литературе садржи 90 наслова. На почетку дисертације је дат резиме на енглеском и српском језику, сакључним речима и УДК бројем. Дисертација садржи два прилога. Биографија аутора дата је на крају дисертације.

Дисертација је технички обликована према упутствима Сената Универзитета у Београду и посебним упутствима за обликовање штампане и електронске верзије доктората. Садржи обавезна поглавља и обрасце: изјава о ауторству, изјава о истоветности електронске и штампане верзије и изјава о коришћењу.

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Основни текст разматране докторске дисертације има седам поглавља, преглед коришћене литературе и два прилога. На почетку текста је дат садржај и спискови слика и табела.

У поглављу "Увод" су дата разматрања о теми истраживања као и приказ уже области у оквиру које је истраживање спроведено. Представљена је проблематика финансирања саобраћајне инфраструктуре и значај јавно-приватног партнерства (ЈПП) као једног од модела који се користи за реализацију пројекта. Комплексност дугорочних уговора за ЈПП пројекте је препозната на основу броја укључених страна, као и неизвесности коју носи дугорочни временски оквир уговорних обавеза. Поставка основног проблема у овој дисертацији заснива се управо на постојању различитих интереса кључних учесника и ризика које ова врста уговора носи: која висина путарине задовољава финансијске услове, са једне стране, а са друге стране, покрива пројектне ризике са одређеном вероватноћом. Циљ истраживања је развој методологије за одређивање висине путарине која ће бити прихватљива за све учеснике у пројекту узимајући у обзир вишеструке неизвесности. Очекивана корист у области истраживања се огледа у примени пробабилистичког приступа у управљању вишеструким ризицима у ЈПП путним пројектима. Препознато је да пробабилистички приступ може бити користан државним агенцијама за путеве, доносиоцима

одлука, развојним банкама, концесионарима, инвестиционим фондовима, и академским корисницима. На крају поглавља дат је приказ садржаја дисертација са кратким описом осталих поглавља.

Поглавље "Преглед литературе" садржи приказ доступних радова и информација о параметрима релевантним за предметно истраживање. Преглед започиње са прегледом постојећих алата за анализу инфраструктурних пројеката по принципу ЈПП-а, а наставља се са радовима из области одређивања висине путарине, еластичности саобраћајне потражње и ризика у путним концесијама. Посебан осврт је на прегледу литературе о моделирању ризика као што су ризик саобраћајне потражње, ризик трошкова изградње, и ризик трошкова одржавања и управљања путевима. Закључак поглавља препознаје постојање напредних вишекритеријумских модела за вредновање пројеката и модела за оптимизацију параметара као што су капацитет деонице и висина путарине, али истиче проблем широке примене ових модела услед њихове комплексности. Овај недостатак је даље разрађен у предметном истраживању.

Поглавље "Методологија" дефинише оквире у којима је предметно истраживање спроведено. Препозната су четири аспекта која су адресирана у овом истраживању: (а) временски оквир пројекта, (б) управљање ризицима, (в) мрежа заинтересованих страна, и (г) подручје имплементације. Сви аспекти су детаљно описани у контексту спроведеног истраживања и самим тим су дефинисане границе модела.

Методологија развоја модела је представљена кроз четири корака. Први корак је дефинисање полазне основе која се, у овом истраживању, заснива на финансијском моделу алата из 2009. године који је развила Светска Банка - Toolkit for PPPs in Roads and Highways. Други корак је дефинисање детерминистичког модела за прорачун путарине. На основу детерминистичког модела, прорачун еластичности параметара од интереса омогућава сагледавање осетљивости система на промене, као и утврђивање постојања корелације између параметара. Трећи корак је развој стохастичког модела кроз примену теорије вероватноће у моделирању изабраних параметара. Подаци добијени Монте Карло симулацијама се даље анализирају у четвртном кораку применом статистичких алата. Коначни податак који се добија из усвојене расподеле је очекивана вредност путарине и њена стандардна девијација. Примењена методологија је валидирана у литератури као традиционални приступ за технике Монте Карло симулације.

Процедура усвојена за валидацију модела се заснива на провери и анализи нелогичности у математичким моделима у првом кораку, и на примени модела на две студије случаја пројеката који су реализовани.

У поглављу "Детерминистички приступ" је дефинисан математички основ за развој модела. Укупно 18 улазних параметара је подељено у четири групе: техничке параметре, параметре финансијске структуре, параметре структуре дуга, и економске показатеље земље у којој се пројекат реализује. Представљена су и четири финансијска услова које пројекат мора да задовољи: висина годишњег рачио покрића дуга, висина интерне стопе рентабилитета пројекта, висина интерне стопе повраћаја уложеног капитала, и висина рачио покрића укупног дуга. Кроз разраду математичког модела установљено је да је услов висине рачио покрића укупног дуга увек испуњен ако је испуњен и услов висине годишњег рачио покрића дуга, па овај услов више није разматран у дисертацији.

Детерминистички модел је валидиран упоредном анализом резултата висине путарине добијених прорачуном из модела и резултата висине путарине добијених методом пробања применом алата Светске банке. Установљено је да не постоји разлика у резултатима која је статистички значајна. Модел је такође тестиран и на нелогичности применом сценарија екстремних вредности и добијени у складу са очекивањима. У овом поглављу су представљена и ограничења модела.

Примена детерминистичког приступа је приказана на нумеричком примеру. Спроведена је и анализа осетљивости и прорачуна коефицијента еластичности. На основу анализе осетљивости и вредности коефицијента еластичности утврђено је да постоји корелација између потребне висине путарине и саобраћајне потражње, висине трошкова изградње и висине трошкова одржавања и управљања пројектом. Овом анализом су ови параметри потврђени као параметри од значаја.

У поглављу "Стохастички приступ" параметри од значаја су даље анализирани и дефинисани као случајне променљиве од којих је параметар саобраћајне потражње дефинисан као стохастичка случајна променљива. Моделирање параметара као случајне променљиве у моделу суштински представља квантификацију ризика као један од корака стратегије управљање ризицима. Метода Монте Карло је математички дефинисана као основ за симулације стохастичког модела. Такође су дефинисани и методе процене статистичких параметара из узорка који се добија симулацијом. Последњи корак у представљању стохастичког модела је одређивање вероватноће да је социјално прихватљива путарина финансијски задовољавајућа. Ова вероватноћа је податак који је разумљив широкој мрежи заинтересованих страна и као такав применљив у евалуацији пројеката.

Развој стохастичког модела је урађен корак по корак, тј. параметри су мењани један по један из детерминистичке вредности у случајну променљиву. За сваки корак су приказани резултати тако да је могуће сагледати промену очекиване вредности висине путарине и стандардне девијације кроз сваки корак. Модел је валидиран по принципу утврђивања нелогичности. Тестиран је тако што су све променљиве претворене опет у детерминистичке вредности и потврђено је да се добијају исти резултати као и код детерминистичког модела. Дат је преглед ограничења модела. Приказан је и нумерички пример примене стохастичког модела са дискусијом резултата.

У оквиру поглавља "Студије случаја" приказана је примена стохастичког модела на два путна пројекта реализована у Грчкој и Србији. Студија случаја Olympia Odos Motorway Concession у Грчкој је дата као пример путне концесије са тренутно неповољним показатељима услед финансијске кризе која је погодила ову земљу. Подаци за студију случаја су прикупљени из литературе. Од 19 улазних података, седам вредности је претпостављено до су остали подаци прикупљени из литературе. Вредности за три финансијска ограничења су такође претпостављене. Резултати показују да је вероватноћа да је путарина дефинисана уговором финансијски задовољавајућа само 10%. Другим речима, за претпостављене ризике саобраћајне потражње, трошкове изградње и трошкове одржавања и управљања, само 10% финансијског ризика је покривено уговореном висином путарине.

Обилазница Београда, као друга студија случаја, је анализирана као пример пројекта који је у фази припреме пројекта разматран као потенцијална концесија. Од три деонице које чине Обилазницу Београда, разматране су две деонице које су или изграђене или у фази изградње. Од 19 улазних параметара, вредности 13 параметара су претпостављене. Остали параметри су преузети из доступне литературе и Студије изводљивости. Резултати показују да, у случају да је за Обилазницу Београда примењен ЈПП споразум, социјално прихватљива путарина покрива само 0,01 претпостављених ризика. Другим речима, вероватноћа је 1% да би прихватљива путарина била финансијски задовољавајућа. Примена стохастичког модела на оба примера је показала да утицај разматраних ризика има за последицу финансијски потребну висину путарине вишеструко већу од социјално прихватљиве.

Поглавље "Резиме, закључци и препоруке" почиње са резимеом истраживања. Следе закључци истраживања, као нпр. да више ризика захтева више новца за управљање тим ризицима. Општи закључак је да је правовремена и разумљива информација о потенцијалним сценаријима ризика је кључна у подизању свести код доносиоца одлука о потенцијално скупим промашајима. На крају поглавља су дате препоруке за даљи рад. Неке од препорука су да се још параметара представи као случајне променљиве, тј. да се уведе још ризика у

модел, да се у трошкове одржавања уведу и периодични капитални трошкови рехабилитација или реконструкција, затим да се анализирају могућности фазне изградње итд.

На крају дисертације се налази преглед коришћене литературе.

Дисертације садржи и два прилога. У првом прилогу је дат преглед улазних параметара потребних за симулацију стохастичког модела као кратко упутство за кориснике. Други прилог је програм написан у програмском пакету MATLAB за симулацију стохастичког модела.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### 3.1. Савременост и оригиналност

У условима ограничених буџета за развој и одржавање саобраћајне инфраструктуре, значајну улогу имају алтернативне опције одрживог финансирања, изградње и одржавања путне мреже, с обзиром да је то један од предуслова за економски развој одређених подручја и земље у целини. Једна од могућности за финансирање најзначајних путних деоница на путној мрежи је путем јавно-приватног партнерства (ЈПП). Примена модела ЈПП у финансирању путне инфраструктуре је започела 90-тих година прошлог века у развијеним земљама, а све је више земаља у развоју које примењују овај модел због предности у погледу ефикасне имплементације пројеката и иновативности које са собом носи.

Утврђивање оправданости и исплативости пројеката путне инфраструктуре је комплексан процес који захтева детаљну анализу великог броја параметара и обиман процес обраде података. Параметри укључују техничке параметре који су везани за пројекат и карактеристике саме саобраћајнице у функцији од очекиваног саобраћајног оптерећења, избор третмана и дефинисање оптималне стратегије одржавања са циљем да се минимизирају укупни трошкови изградње и одржавања саобраћајнице током њеног животног века, са посебним акцентом на период трајања уговора о ЈПП.

Досадашње анализе овог проблема заснивале су се на анализама које су користиле све улазне параметре као детерминистичке величине. Међутим, већина улазних параметара зависи од читавог низа утицајних фактора и може се много реалније описати преко расподела улазних величина, што захтева пробабилистички приступ проблему кроз који се могу обухватити и најзначајнији ризици везани за имплементацију ЈПП пројеката у путној инфраструктури.

Оптимални ниво путарине треба да буде друштвено прихватљив, односно такав да не узрокује прерасподелу саобраћајног оптерећења и избегавање пута са наплатом путарине. У исто време, ниво путарине треба да обезбеди исплативост пројекта за приватног партнера, односно треба да задовољи одређене граничне вредности финансијских параметара пројекта како би приватни партнери били заинтересовани да у њему учествују.

Сувише високе вредности путарине могу имати далекосежне последице на стање путне мреже, безбедност одвијања саобраћаја и утицај на околину у зони саобраћајнице са наплатом путарине, јер могу проузроковати избегавање пута са наплатом путарине и пребацивање тешког саобраћаја на алтернативне деонице које не морају бити пројектоване и изграђене тако да могу на задовољавајући начин да прихвате додатни саобраћај.

Предмет истраживања је развој методологије за одређивање оптималне висине путарине за одређени путни правац заснован на пробабилистичком приступу. Оптимална путарина, у овом истраживању, је путарина прихватљива за све учеснике у пројекту. Истраживање обухвата анализу (а) коефицијента еластичности висине путарине и изабраних параметара: саобраћајне потражње, трошкова изградње, трошкова одржавања и оперативних трошкова као детерминистички приступ методологије и (б) статистичка анализа резултата

стохастичког модела одређивања висине путарине као пробабилистички приступ методологије.

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У изради ове докторске дисертације коришћено је 90 библиографских јединица. Већину референци чине радови објављени у врхунским међународним часописима, као што су: Transport Reviews, Transportation Research, Part A, Transportation Research Record, Transportation Science и другим, објављени на значајним међународним конференцијама попут годишњих састанака Transportation Research Board-a, Transport Research Arena, Int. Conference on Public-Private Partnerships и друге, извештаји Светске банке и других финансијских институција, или извештаји истраживачких пројеката (COST Action TU 1001, NCHRP). Највећи број референци је новијег датума: 85 референци је настало после 2000. године, од чега је 49 настало између 2010. и 2015. године.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У раду је коришћено математичко моделирање и економска анализа односа трошкова и добити, као и прорачун финансијских параметара пројекта, као што су интерна стопа рентабилитета, нето садашња вредност и индекс повраћаја дуга.

У овој дисертацији је саобраћај моделиран као стохастички процес, применом геометријског Брауновог кретања. Метода Monte Carlo је примењена за симулацију потребних нивоа путарине на основу процењеног саобраћајног оптерећења, као и трошкова изградње, одржавања и оперативних трошкова представљених као случајне променљиве. На основу добијеног узорка из симулација, статистичким методама одређена је расподела путарина. Добијене расподеле су детаљно анализирани применом статистичких тестова, као што су Pearson-ов или Колмогоров-Смирнов тест.

Наведене методе истраживања су савремене и адекватне за примену у предметном истраживању.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

Развијена методологија и алати у оквиру ове дисертације могу се директно применити у ex-ante анализама потенцијалних пројеката јавно-приватног партнерства у путној инфраструктури, посебно оних за које се предвиђа наплата путарине од корисника, али и пројеката који се базирају на тзв. shadow tolls, или на годишњим ануитетима по основу доступности (availability fee).

Методологија се може посебно користити за пројекте где је висина путарине основни критеријум на основу кога се врши избор концесионара. Јавни сектор може користити овај поступак да процени ниво ризика који је потенцијални концесионар спреман да преузме кроз понуђену висину путарине. Са друге стране, концесионари могу користити ову методологију како би унапредили своју процену различитих могућих утицаја, попут очекиваног саобраћаја, трошкова изградње и одржавања, као и оперативних трошкова, на успех пројекта.

Развијени софтвер ће помоћи у бољем разумевању зависности између параметара пројекта, ризика везаних за параметре и њихове промене током времена.

Развијени модел могу користити и агенције за рејтинге, као и развојне и комерцијалне банке како би на основу дистрибуције путарина имале увида у финансијску робустност потенцијалног ЈПП пројекта.

### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидаткиња се у оквиру своје докторске дисертације бавила изучавањем и критичком анализом доступне референтне литературе, израдом стохастичког модела за утврђивање оптималне путарине, симулацијама применом методе Monte Carlo, статистичким методама, анализом и обрадом добијених резултата. Систематичним приступом постављеном проблему, повезујући различите сегменте научно-истраживачког рада, мр Невена Вајдић је успешно решила постављене задатке и доказала да поседује способност за самостални научно-истраживачки рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру докторске дисертације мр Невене Вајдић остварени су следећи научни доприноси:

1. Развијена је методологија за анализу путарина која узима у обзир могућу варијабилност саобраћаја, трошкова грађења и одржавања, као и оперативних трошкова при дефинисању оптималног нивоа путарине која у исто време мора обезбедити финансијску исплативост пројекта, али мора бити и друштвено прихватљива. Развијена методологија представља значајно унапређење у управљању ризицима пројеката ЈПП у путној инфраструктури.
2. Развијен је детерминистички модел за одређивање минималног нивоа путарине који задовољава у погледу ограничења финансијских параметара.
3. Развијен је стохастички модел који омогућава анализу утицаја променљивости најзначајнијих улазних параметара на потребне нивое путарине и сагледавање одговарајућих ризика по успешност пројекта.
4. Развијен је програм написан у програмском пакету MATLAB за симулацију стохастичког модела.

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживачки рад мр Невене Вајдић на развоју стохастичког модела за одређивање оптималног нивоа путарине доприноси превазилажењу ограничења до сада широко примењиваних детерминистичких модела који не узимају у обзир могућу варијабилност у погледу очекиваног саобраћајног оптерећења, па самим тим и прихода потенцијалног пројекта ЈПП, као и варијабилност трошкова, укључујући трошкове изградње, одржавања и оперативне трошкове.

Истраживањем је показано да се основни улазни параметри који највише утичу на висину путарине, као што су саобраћајно оптерећење, које директно утиче на висину прихода пројекта и трошкови везани за изградњу, одржавање, као и оперативни трошкови, могу успешно моделирати као случајне променљиве.

Саобраћајно оптерећење је моделирано применом стохастичког модела геометријског Брауновог кретања, док су трошкови изградње моделирани применом расподеле односа стварних и процењених трошкова у фази изградње пројектне документације, на бази досадашњих искустава која су приказана у литератури. На тај начин је омогућено реалније моделирање трошкова изградње у односу на примену одређене детерминистичке вредности, која се по правилу превазиђе током извођења радова због непредвиђених трошкова.



Трошкови одржавања и оперативни трошкови су моделирани у функцији од саобраћајног оптерећења и трошкова изградње.

Спроведена анализа осетљивости је показала да трошкови одржавања и оперативни трошкови имају одређени утицај на финансијску динамику пројекта. Повећавање ових трошкова утиче на „унутрашњу“ еластичност система повећањем потребне висине путарине указујући на његову осетљивост на промене „унутрашњих“ параметара.

Утврђено је да када се у стохастички модел уведе неизвесност у погледу предвиђеног саобраћајног оптерећења, то резултира потребом за повећање путарине како би се одржали финансијски параметри пројекта. У дисертацији је закључено да сваки ризик (везано за саобраћајно оптерећење, трошкове изградње, одржавања или оперативне трошкове) има свог удела у цени путарине.

Као основни закључак истраживања је истакнута важност препознавања ризика које један пројекат носи као и разумљивост информације која се представља доносиоцима одлуке. У овој дисертацији ова информација је представљена као висина путарине која је прихватљива за све учеснике у пројекту. Путарина сама по себи је једноставан и разумљив параметар који је у широкој примени и који препознају сви учесници у пројекту. На овај начин развијена методологија у овој дисертацији има јединствени допринос у области управљања ризика у путним концесијама.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

У току израде дисертације, мр Невена Вајдић је међународној и домаћој, научној и стручној јавности представила свој рад кроз следеће публикације:

##### Категорија М23:

Queiroz, C., **Vajdić, N.**, and Mladenović, G.: Public-private partnerships in roads and government support: trends in transition and developing economies, - *Transportation Planning and Technology*, vol. 36, no. 3, pp. 231-243, 2013 (**IF=0.512**) (ISSN: 0308-1060)

##### Радови у међународним часописима индексираним у SCOPUS-у

Mladenović, G., **Vajdić, N.**, Wundsch, B., and Temeljotov-Salaj, A.: Use of Key Performance Indicators for PPP Transport Projects to Meet Stakeholders' Performance Objectives, -*Built Environment Project and Asset Management*, vol. 3, no. 2, pp. 228-249, 2013 (ISSN: 2044-124X).

Pellegrino, R., **Vajdić, N.**, and Carbonara, N.: Real Option Theory for Risk Mitigation in Transport PPPs, - *Built Environment Project and Asset Management*, vol. 3, no. 2, pp. 199-213, 2013 (ISSN: 2044-124X).

##### Категорија М33

**Vajdić, N.**, Mladenović, G. and Queiroz, C.: "Capturing Uncertainties in Estimating Toll Rates", - *Advances in Public-Private Partnerships: Proceedings of the 2nd International Conference on Public-Private Partnerships*, Austin, TX, USA, 2015. (у штампи)

Sudarić, M., **Vajdić, N.**, Mladenović, G. and Božović, M.: "Valuing an Option to Abandon a PPP Toll Road Project", -*Transport Research Arena (TRA) 2014 Proceedings*, Paris, France, 2014.

**Vajdić, N.**, Mladenović, G. and Queiroz, C.: "Estimating Minimum Toll Rates in Public Private Partnerships", -*Transport Research Arena 2012 Proceedings*, 48, Athens, Greece, 2012, pp. 3400-3407.

##### Категорија М51

**Вајдић, Н.**, Младеновић, Г., и Queiroz, C.: Процена минималне висине путарине за путне концесије, *Пут и Саобраћај*, 1, стр. 25 - 29, 2013. (ISSN: 0478-9733)

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У докторској дисертацији под насловом "Стохастички модел за утврђивање оптималне путарине" (наслов на енглеском језику "Stochastic Model for the Assessment of Acceptable Toll Rates") развијена је методологија и одговарајући модел за анализу потребних нивоа путарине, како би се задовољили финансијски критеријуми оправданости пројекта, али и омогућило сагледавање прихватљивости тих нивоа путарина за кориснике. Методологија приказана у овој докторској дисертацији представља оригиналан и вредан научни допринос у области финансирања изградње путне инфраструктуре и управљања пројектима, посебно за ex-ante евалуацију путних пројеката.

Комисија сматра да урађена докторска дисертација кандидата мр Невене Вајдић, дипл.грађ.инж. у потпуности испуњава све захтеване критеријуме и да је кандидат испољио способност за самосталан научно-истраживачки рад у свим фазама израде ове дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом "Стохастички модел за утврђивање оптималне путарине" кандидаткиње мр Невене Вајдић, дипл.грађ.инж. прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду, као и да након завршетка ове процедуре позове кандидата на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....  
в. проф. др Горан Младеновић,  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

.....  
в. проф. др Иван Дамњановић,  
Texas A&M University, Zachry Department of Civil Engineering

.....  
в. проф. др José Manuel Vassallo,  
Polytechnic University of Madrid, Civil Engineering School

.....  
в. проф. др Ненад Иванишевић,  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет