



**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ**

Булевар краља Александра 73
Поштански фах 895, 11001 Београд
Телефон (011) 3218-501
Телефакс (011) 3370-223

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ
ГРАЂЕВИНСКО-УРБАНИСТИЧКИХ НАУКА**

У прилогу дописа достављамо Вам материјал за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији мр Невена Вајдић, дипл. грађ.инж. под насловом:

„СТОХАСТИЧКИ МОДЕЛ ЗА УТВРЂИВАЊЕ ОПТИМАЛНЕ ПУТАРИНЕ“

Прилог:

1 примерак обрасца 03

1 примерак реферата о оцени и одбрани

1 примерак одлуке о прихватању реферата о оцени и одбрани

1 примерак докторске дисертације

CD

копија Извода из матичне књиге венчаних

Сви прилози прослеђени на e-mail

ШЕФ СЛУЖБЕ ЗА СТУДЕНТСКА ПИТАЊА

Тамара Вукша, дипл.педагог

1/13
мај 2016.

Образац 3
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Студентски трг бр.1
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ
ГРАЂЕВИНСКО-УРБАНИСТИЧКИХ НАУКА

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 47.ст.5 тач.4.Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета”, број 162/11-пречишћен текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији:

Кандидат **мр НЕВЕНА /Мирољуб/ ВАЈДИЋ**, дипл. грађ.инж.

Пријавила је докторску дисертацију под називом:

„РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА УТВРЂИВАЊЕ ОПТИМАЛНЕ ВИСИНЕ ПУТАРИНЕ ЗА ПУТЕВЕ СА СИСТЕМОМ НАПЛАТЕ“

Универзитет је дана **28.05.2013. године** својим актом под бр.**61206-1999/5-13** дао сагласност на коригован наслов теме докторске дисертације која је гласила:

„ СТОХАСТИЧКИ МОДЕЛ ЗА УТВРЂИВАЊЕ ОПТИМАЛНЕ ПУТАРИНЕ“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној **24.03. 2016.године** одлуком Факултета бр. **45/9-13** у саставу:

1. Ван.проф. др Горан Младеновић, дипл. грађ. инж./научна област Грађење и одржавање путева и аеродрома/ Грађевински факултет Београд
2. Ван.проф. др Ненад Иванишевић, дипл.грађ.инж./научна област Менаџмент и технологија грађења/ Грађевински факултет Београд
3. Ван.проф. др Иван Дамњановић /University of Texas A&M,Zachry Department of Civil Engineering/
4. Ван.поф. др Jose Manuel Vasallo /Polytechnic University of Madrid,Civil Engineering School/

Наставно-научно веће Факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **19.05.2016. године**.

ДЕКАН ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Бранко Божић, дипл. геод.инж.

To the Academic Council

Topic: Report on the submitted doctoral dissertation of the candidate Nevena Vajdic MSc CE

Based on the decision No 45/9-13 from 25.03.2016, we are nominated to be members of the Committee for the review, evaluation and defense of the doctoral dissertation of the candidate Nevena Vajdic MSc CE, under the title

STOCHASTIC MODEL FOR THE ASSESSMENT OF ACCEPTABLE TOLL RATES

After reviewing submitted dissertation and other relevant materials and interview with the candidate, Committee has comprised the following

R E P O R T

1. INTRODUCTION

1.1. Chronology of dissertation development and approval

Proposal of the doctoral dissertation of the candidate Nevena Vajdic MSc CE was submitted 28.01.2013. at the Faculty of Civil Engineering in Belgrade under the title "Development of a methodology for estimating optimal toll rates for highway concessions". Based on the decision of the Academic Council of the Faculty of Civil Engineering No. 45/2 from 14.02.2013., the Committee for the approval of the proposed title of the doctoral dissertation was nominated with the following members: Associate Professor Goran Mladenovic, Cesar Queiroz (visiting professor at the Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade), Associate Professor Ivan Damnjanovic (Texas A&M University, College Station, USA), and Associate Professor Nenad Ivanisevic. Positive report of the Committee for the approval of the proposed doctoral dissertation has been approved at the meeting of the Academic Council of the Faculty of Civil Engineering hold on 04.04.2013. (decision No. 45/4 from 08.04.2013.). The Academic Council for Civil Engineering and Urbanism University of Belgrade at the meeting hold at 28.05.2013. has postponed evaluation of the request for the approval of the proposed doctoral dissertation due to suggested change of the title (decision No. 61206/1999/2-13 from 28.5.2013.). At the meeting hold on 20.06.2013. the Academic Council of the Faculty of Civil Engineering, based on the proposal from the Chair for road, railroad and airport engineering, has approved the changed title of the proposed doctoral dissertation „Stochastic model for the assessment of acceptable toll rates“ (decision No. 45/7 from 21.06.2013.) and sent further to the Academic Council for Civil Engineering and Urbanism of the University of Belgrade. The Academic Council for Civil Engineering and Urbanism at the meeting hold on 24.09.2013.(decision No. 61206/1999/5-13 from 24.09.2013.) has approved the proposed doctoral dissertation of the candidate Nevena Vajdic with the changed title "Stochastic model for the assessment of acceptable toll rates".

Candidate has submitted doctoral dissertation to the Student service at the Faculty of Civil Engineering on 17.03.2016.

1.2. Dissertation scientific area

Subject of doctoral dissertation belongs to the scientific area Civil engineering, specific scientific area Construction and maintenance of roads and airports and Construction management which are defined in the Statute of the Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade.

Scientific papers which qualify Supervisor, Associate Professor Goran Mladenovic for doctoral dissertation supervision, published in international scientific journals are:

Category 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.

Category 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.

Scientific paper in international journal indexed in SCOPUS

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. Candidate short bio

Nevena Vajdic is born 20.01.1976. in Belgrade where she completed her primary and high school. She started her studies at the Faculty of Civil Engineering in 1994 and graduated at 2002 at the Department of road, railway and airport engineering with grade 10 by defending her final work in Road design "Preliminary design of the interchange "Batajnica" at the intersection of the highway E-75: Dobanovci - Batajnica and Lenjin Boulevard ". She has completed her studies with the average grade 7,40. From 2007 to 2009 she lived in Texas, USA, where she completed her graduate studies at the Texas A&M University. She defended her master thesis "Network based evaluation method for financial analysis of toll roads" at the Department of Civil engineering, Construction Engineering and Management. Her thesis has been nostrified at the University of Belgrade with the decision No. 06-613-30/4-10 from 22.02.2010. She submitted her doctoral dissertation proposal at the Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, in January 2013.

After her graduation, she started working in 2002 in Institute IMS, Belgrade. From 2007 to 2009 she worked as a researcher at the Texas Transportation Institute, USA. From 2011 she has been employed at the Airport Nikola Tesla, where she works at Technical maintenance department.

From 2010 to 2014 she participated in COST action TUD1001 "Public Private Partnerships in Transport: Trends and Theory", and since 2014 she participates in CEDR (Conference of European Directors of Roads) project X-ARA "Cross Asset Risk Assessment". Currently, she participates in Horizon 2020 project BENEFIT "Business Models for Enhancing Funding and Enabling Financing for Infrastructure in Transport", as a member of the Faculty of Civil engineering team.

She is married and has two daughters.

2. DISSERTATION DESCRIPTION

2.1. Dissertation content

Doctoral dissertation "Stochastic model for the assessment of acceptable toll rates" of candidate Nevena Vajdic has in total 128 pages, out of which the main text has 107 pages. Dissertation is written on English language. Dissertation has seven chapters:

1. Introduction
2. Literature review
3. Research methodology
4. Deterministic approach
5. Stochastic approach
6. Case studies
7. Summary, conclusions and recommendations

Dissertation has 17 figures and 20 tables. Reference list has 90 titles. Summary is provided on English and Serbian at the beginning of dissertation, with key words and UDC number. Dissertation has two appendices. Author's biography is provided at the end of dissertation.

Dissertation is structured according to the requirements of the University of Belgrade Senate and separate guidebooks for preparing in print and electronic forms of dissertation. It has all necessary chapters and forms: authorship responsibility, statement about the identical content of in print and electronic forms, and copyright transfer.

2.2. Short summary of chapters

Main body of the text has seven chapters, reference list and two appendices. Dissertation content and lists of figures and tables is provided at the beginning.

In the chapter "Introduction", the background of the research topic is provided along with the overview of specific research area under which the given research is conducted. Problem of financing transport infrastructure is presented and importance of the Public-Private Partnerships (PPP) as one of models used for the project delivery. Complexity of long term agreements for PPP projects is recognized based on number of involved stakeholders and uncertainties involved in the long term contractual obligations. Setting the basic problem in this dissertation is based on the existence of different objectives of key stakeholders and risks accompanied with these agreements: which toll rate fulfills financial terms, on one side, and, on the other side, covers project risks with certain probabilities. Research objective is methodology development for the assessment of toll rates which is acceptable for all stakeholders taking into account multiple uncertainties. Expected benefit in the scientific area is in the application of probabilistic approach in management of multiple risks in PPP road projects. It is recognized that probabilistic approach can be beneficial for road state agencies, decision makers, development banks, concessioners, investment funds, and

academic users. At the end of the chapter, brief summary of dissertation with short description of chapters is presented.

The Chapter "Literature review" provides an overview of research papers and information about parameters related to this research. Review starts with an overview of available tools for analysis of infrastructure projects based on PPP principles, and continues with literature related to topics of estimation of toll rates, traffic demand elasticities, and risks in PPP road projects. Detailed literature review is given on the risk modeling such as traffic risk, construction costs risk, and operation and maintenance costs risk. In chapter conclusion, the availability of advanced multi objective models for project evaluation and models for optimization of parameters such as section capacity and toll tariffs is recognized, but the lack of wide application of these models due to their complexity is highlighted. This problem is further analyzed in this research.

The Chapter "Research methodology" defines framework within which the research is conducted. The following four aspects considered in this research are: (i) project time frame, (ii) risk management context, (iii) stakeholder's network, and (iv) implementation context. All these aspects are described in detail in the context of conducted research and thus defining the model boundaries.

Methodology of model development is presented through four steps. First step is defining the start which, in this research, is based on the financial model of the tool which was developed by the World Bank and PPIAF in 2009 - Toolkit for PPPs in Roads and Highways. Second step is defining deterministic model for calculation of toll rates. Based on this deterministic model, calculation of elasticities of parameters of interest enables consideration of the system sensitivity to changes, as well as assessment of correlation existence among parameters. Third step is development of stochastic model by applying the probability theory in parameter modeling process. Data from Monte Carlo simulation are further analyzed in fourth step with statistical tools. Final result which is determined from the chosen distribution is the toll rate's expected value and standard deviation. Developed methodology is validated in the literature as the traditional approach in Monte Carlo simulation techniques.

Procedure applied for the model validation is based on testing for logical inconsistencies in mathematical models, and on the model application on two case studies of projects which are under operation.

In the chapter "Deterministic approach" mathematic basics for model development are defined. 18 input parameters in total are divided into four groups: technical parameters, financial structure parameters, parameters of debt structure, and country specific economic parameters. Four financial constraints which project must fulfill are also introduced: project's financial internal rate of return, the equity internal rate of return (return on equity), the annual debt service cover ratio, and the loan life cover ratio. Through development of mathematical model it is assessed that the constraint of the level of loan life cover ratio is always fulfilled if the constraint of the level of annual debt service cover ratio is fulfilled, thus the former is no longer considered in dissertation.

Deterministic model is validated with parallel analysis of toll rates obtained from the model and from the World Bank Toolkit. It is assessed that there is no statistically significant difference between the two. Model is also tested for logical inconsistencies by applying the extreme values scenario and results are along with the expectations. In this chapter, the model limitations are also presented.

Application of the deterministic model is presented on numerical example. Sensitivity analysis is conducted as well as calculation of elasticities. Based on the sensitivity analysis and elasticities values, it is determined that there is correlation between the needed toll rates and traffic volumes, construction costs, and operation and maintenance costs. With this analysis, these parameters are confirmed as parameters of interest.

In the chapter "Stochastic approach" selected parameters of interest are further analyzed and defined as random values where the traffic volume parameter is defined as a stochastic random value.

Modeling parameters as random values represents quantification of risks as one of steps in risk management strategy. Monte Carlo method is mathematically defined as basis for the stochastic model simulations. Methods for parameter estimation from simulation data are also defined. Last step in the presentation of stochastic model is probability assessment that the socially acceptable toll rate is financially feasible. This probability is an information easily understandable to wide stakeholders network and, as such, applicable in project evaluation.

Development of stochastic model is conducted step by step, i.e., parameters are changed one by one from deterministic value to random variable. For each step, results are provided so it is possible to observe change in toll rate expected value and standard deviation. Model is validated with testing for logical inconsistencies. It is tested by changing all random values back to deterministic and it is confirmed that all values are the same as in the deterministic model. Model limitations are discussed. Numerical example is presented along with the discussion of results.

In chapter "Case studies" application of stochastic model is presented on two road projects delivered in Greece and Serbia. Case study Olympia Odos Motorway Concession in Greece is presented as an example of road concession with current under performance due to financial crisis in the country. Data for case study are gathered from the literature. Out of 19 input data, seven are assumed and others are known from the literature. Values for three financial constraints are also assumed. Results show that there is a probability of only 10% that toll rate defined in the contract is financially sufficient. In other words, for assumed risks of traffic volume, construction costs, and operation and maintenance costs, only 10% of financial risk is covered with the predefined toll rate.

Belgrade Bypass, as second case study, is analyzed as an example of project which was, in the development phase, considered as a potential PPP. Out of three sections which make Belgrade Bypass, two sections which are build or under construction are considered. Out of 19 input parameters, 13 values are assumed. Remaining values are known from the literature and project's Feasibility study. Results show that, if the Belgrade Bypass is delivered as a PPP, socially acceptable toll rate covers only 0.01 of assumed risks. In other words, there is probability of 1% that the acceptable toll rate is financially sufficient. Application of stochastic model on both case studies revealed that impact of risks under consideration has consequence that financially needed toll rate is significantly higher than the socially acceptable.

The Chapter "Summary, conclusions and recommendations" starts with the research summary. It is followed with research findings such as, for example, that more risks utilize more money to manage those risks. Main conclusion is that timely and easily understandable information about potential risk scenarios is crucial in raising awareness among decision makers about potential costly downturns. Chapter concludes with recommendations for further research. Some of recommendations are to include more parameters as random variables, i.e., to introduce more risks in the model, to include periodic road rehabilitation or reconstruction capital expenses, to analyze stage development, etc.

Reference list is provided at the end of dissertation.

Dissertation has two appendices. In the first appendix, overview of input parameters is provided as short instruction for users. Second appendix is a code written in MATLAB for the stochastic model simulation.

3. DISSERTATION EVALUATION

3.1. Actuality and originality

In state of limited budget for development and maintenance of transport infrastructure, important role have alternative options of sustainable financing, construction, and maintenance of road network as one of preconditions for economic development of regions and country in general. One

of the options for financing main road sections in the road network is with PPPs. Application of PPP models in financing of transport infrastructure had began in 1990s in developed countries, and there are more and more developing countries which use this model due to its advantage in more efficient project implementation and innovations that brings along.

Feasibility assessment of road projects is a complex task which requires detail analysis of large number of parameters and large effort in data processing. Parameters include technical parameters which are related to the project and characteristics of the section as function of the expected traffic volumes, treatment choice, and defining optimal maintenance strategies with the objective to minimize total construction and maintenance costs during its whole life cycle, with the special emphasis on PPP contract time frame.

Analyses of this problem so far are based on the use of all input parameters as deterministic values. However, most of input parameters depend on the number of influencing factors and they can be described more realistic with the use of distribution of input values which requires probabilistic approach to the problem analysis that can capture most important risks related to the implementation of PPP projects in transport infrastructure.

Optimal level of toll rates needs to be socially acceptable, i.e., not to cause divert of traffic and avoidance of toll roads. At the same time, toll rates should ensure the financial feasibility of the project for the private partner, i.e., it should fulfill certain levels of project's financial parameters as constraints so private partners will be willing to participate.

High levels of toll rates can have significant effects on road network condition, traffic safety, and environment impact in toll road corridor since they can cause toll road avoidance and shift of heavy traffic to alternative roads which are not necessarily designed and built for acceptance of additional level of heavy traffic.

Research objective is methodology development for assessment of acceptable toll rate based on the probabilistic approach. Acceptable toll rate, in this research, is the toll rate acceptable for all participants in the project. Research includes analyses (a) elasticity coefficient of toll rate levels and chosen parameters: traffic volumes, construction costs, and operation and maintenance costs as deterministic model approach, and (b) statistical analysis of stochastic model results for assessment of toll rates as probabilistic model approach.

3.2. Overview of references and used literature

In this dissertation 90 bibliographic titles are used. Most of references are scientific papers published in leading international journals such as: Transport Reviews, Transportation Research, Part A, Transportation Research Record, Transportation Science and others, papers published on major international conferences such as Transportation Research Board Annual Meetings, Transport Research Arena, International Conference on Public-Private Partnerships and others, reports of World Bank and other financial institutions, or reports from research projects (COST Action TU 1001, NCHRP). Most of references are up to date: 85 references are published after 2000, out of which 49 is published between 2010 and 2015.

3.3. Description and adequateness of applied scientific methods

Mathematical modeling is used in this research as well as economic analysis of costs and benefits, along with the calculation of project's financial parameters such as internal rate of return, net present value, and loan cover ratios.

In this dissertation, traffic is modeled as stochastic process with the application of geometric Brownian motion. Monte Carlo method is used for simulations of level of required toll rates based on the estimation of traffic volumes, construction costs, and operation and maintenance costs

modeled as random variables. Based on the data sample obtained from simulations, toll rate distribution is determined using statistical methods. Chosen distributions are further analyzed using statistical tests such as Chi-square or Kolmogorov-Smirnov test.

Scientific methods are contemporary and adequate for application in this research.

3.4. Application of achieved results

Developed methodology and tools in this dissertation directly can be used in ex-ante analysis of potential PPP projects in road infrastructure, especially for planned projects with toll rates charged directly from users, as well as for projects based on so called "shadow tolls", or yearly annuities based on availability, i.e., "availability fee".

Methodology can be used for projects where level of toll rate is one of main criteria for concessionaire selection. Public sector can use this approach to assess the level of risks that the potential concessionaire is willing to accept with offered level of toll rates. On the other side, concessionaires can use this methodology to advance their estimates of potential impacts that forecasted traffic, construction and maintenance costs, as well as operational costs, can have on project's success.

Developed software will help in better understanding of interrelations among project's parameters, risks related to these parameters, and their change over time.

Developed model can use rating agencies, as well as commercial and development banks, to examine the financial capacity of potential PPP project based on toll rates distribution.

3.5. Assessment of achieved candidate's capabilities for independent research work

In this dissertation, candidate has evaluated and critically analyzed available references, developed stochastic model for assessment of acceptable toll rates, used Monte Carlo method for simulations, used statistical methods, and analyzed the simulation data sample. With systematic approach and linking different segments of scientific research work, Nevena Vajdic has successfully solved problems and proved she has capability for independent scientific research work.

4. ACHIEVED SCIENTIFIC CONTRIBUTION

4.1. Summary of achieved research contribution

In Nevena Vajdic doctoral dissertation following research contributions are achieved:

1. Methodology for analysis of toll rates is developed which takes into account possible variability of traffic volumes, construction and maintenance costs, and operation costs, for defining the acceptable level of toll rates which, in the same time, have to fulfil project's financial feasibility and to be socially acceptable. Developed methodology represents significant step forward in risk management practices in PPP projects in road infrastructure.
2. Deterministic model for assessment of minimum required toll rates which fulfils financial constraints is developed.
3. Stochastic model which enables analysis of impacts that uncertainties of main input parameters have on needed toll rates and assessment of impact that certain risks may have on project's success is developed.
4. Code in programme MATLAB is created for stochastic model simulations.

4.2. Critical analysis of research results

Nevena Vajdic research work on development of stochastic model for the assessment of acceptable toll rates contributes to limitations overcome of existing widely applied deterministic models which do not take into account possible variability of traffic volumes, and, consequently, revenues of potential PPP project, as well as costs variability, including construction costs, operation and maintenance costs.

Research has shown that main input parameter which have the highest impact on toll rates, such as traffic volumes, which has direct impact on revenues that project generates, as well as costs related to the construction, maintenance, and operation, can successfully be modeled as random values.

Traffic volumes are modeled as stochastic model geometric Brownian motion, while the construction costs are modeled with application of distribution of ratio of actual and estimated construction costs, based on the evidence from the literature. With this approach, more realistic modeling of construction costs is enabled compared with the use of deterministic values which are exceeded during the construction phase because of unforeseen costs. Operation and maintenance costs are modeled as a function of traffic volumes and construction costs.

Conducted sensitivity analysis has shown that operation and maintenance costs have certain impact on project's financial dynamic. Increase of these costs have impact on "inner" elasticity of the system by increasing the level of required toll rates indicating the sensitivity to changes in "inner" parameters.

It is concluded that when the uncertainties in estimated traffic volumes are introduced in stochastic model, it results in increase in toll rates needed to maintain project's financial parameters. In dissertation, it is concluded that each risk (related to the traffic volumes, construction costs, operation and maintenance costs) has its share in the price of toll rates.

As a general conclusion of the research, it is highlighted the importance of risks recognition which one project has as well as simplicity of information which is presented to decision makers. In this dissertation, this information is provided as level of toll rates which is acceptable to all project's participants. Toll rates are simple and understandable parameter already in wide application and recognized by all stakeholders. Thus, the developed methodology in this dissertation has unique contribution to risk management in road concessions.

4.3. Verification of scientific contribution

During the work on dissertation, Nevena Vajdic has presented her work to international and domestic, academic and expert public in the following publications:

Category M23:

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).

Category M33

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. (in print)

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.

Category M51

Vajdic, N., Queiroz, C., and Mladenovic, G.: "Estimating minimum toll rates for road concessions", *Put i Saobracaj*, 1, pp. 25 - 29, 2013. (ISSN:0478-9733)

5. CONCLUSION AND RECOMMENDATION

In doctoral dissertation "Stochastic Model for the Assessment of Acceptable Toll Rates" methodology and associate model has been developed for the analysis of required toll rates which fulfill financial criteria for project's feasibility, and also enables the assessment of acceptability of these toll rates for users. Methodology developed in this doctoral dissertation presents original and valuable research contribution in the area of financing the construction of road infrastructure and project management, especially for ex-ante road project's evaluation.

Committee considers that doctoral dissertation prepared by the candidate Nevena Vajdic fully satisfies all required criteria and that the candidate has proved capability for independent scientific research work in all phases of work on this dissertation.

Committee recommends to the Academic Council of the Faculty of Civil Engineering to accept the doctoral dissertation "Stochastic Model for the Assessment of Acceptable Toll Rates" of the candidate Nevena Vajdic, MSc CE, disclose it to the public, and send for the final approval to the Academic Council for Civil Engineering and Urbanism of the University of Belgrade, and to, after the completion of this procedure, invite the candidate to defend dissertation in front of the same Committee.

Committee Members

.....
Goran Mladenovic, Associate Professor
University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering

.....
Ivan Damnjanovic, Associate Professor
Texas A&M University, Zachry Department of Civil Engineering

.....
José Manuel Vassallo, Associate Professor
Polytechnic University of Madrid, Civil Engineering School

.....
Nenad Ivanisevic, Associate Professor
University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering

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 индексираном 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 алатки 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 четвртом 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 рачуна покривања дуга, висина интерне стопе рентабилитета пројекта, висина интерне стопе повраћаја уложеног капитала, и висина рачуна покривања укупног дуга. Кроз разраду математичког модела установљено је да је услов висине рачуна покривања укупног дуга увек испуњен ако је испуњен и услов висине годишњег рачуна покривања 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 коефицијената 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 прераспodelу 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.

Сprovedена 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 M23:

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 M33

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 M51

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



**ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Булевар краља Александра 73
11001 Београд,
П. фах 39-42
Телефон (011) 321-86-06, 337-01-02
Телефакс (011) 337-02-23
Е пошта dekanat@grf.bg.ac.rs

На основу члана 58. став 2. тачка 23. Статута Грађевинског факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Грађевинског факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној дана 19.05.2016. године, донело је

ОДЛУКУ

Прихвата се извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **мр Невене Вајдић, дипл.инж.грађ.**, под насловом:

„ СТОХАСТИЧКИ МОДЕЛ ЗА УТВРЂИВАЊЕ ОПТИМАЛНЕ ПУТАРИНЕ“

Процедура стицања научног степена доктора наука спровешће се у складу са Законом о високом образовању ("Сл.гласник РС", бр.76/05,100/07-аутентично тумачење, 97/08 и 44/10 и 93/12), општим актом Универзитета и Правилником о докторским студијама Грађевинског факултета у Београду.

Веће научних области грађевинско - урбанистичких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 28.05.2013. године, дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације.

У току израде докторске дисертације објављен је један рад у научном часопису са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

1. 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)

Одлука је донета једногласно.

ДЕКАН ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Бранко Божић, дипл.инж.геод.

Доставити:

- Универзитету
- Студентској служби
- архиви
- именованој