

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Предрага Јовановића, дипл. инж. саобраћаја

Одлуком Наставно-научног већа Саобраћајног факултета у Београду бр. 396/3 од 26.04.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Предрага Јовановића, дипл. инж. саобраћаја под насловом

„МОДЕЛИРАЊЕ ПАРАМЕТАРА РОБУСНОСТИ РЕДА ВОЖЊЕ ЖЕЛЕЗНИЦЕ“

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

На основу предатих захтева кандидата мр Предрага Јовановића, дипл. инж. саобраћаја и донетих одлука од Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета, хронологија одобравања и израде дисертације је следећа:

- 10.01.2010. године кандидат, Предраг Јовановић, дипл. инж. саобраћаја, магистрирао је на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду;
- 25.02.2014. године кандидат, мр Предраг Јовановић, дипл. инж. саобраћаја, поднео је пријаву теме докторске дисертације Наставно-научном већу Саобраћајног факултета бр. 168/1, уз захтев да се спроведе поступак за оцену подобности кандидата и предложене теме и за ментора предложио проф. др Небојшу Бојовића, редовног професора Саобраћајног факултета у Београду;
- 03.04.2014. године на седници Наставно-научног већа Саобраћајног факултета донета је одлука бр. 168/4 о формирању Комисије за оцену подобности кандидата и теме за израду докторске дисертације;
- 25.04.2014. године Комисија за оцену подобности кандидата и теме за израду докторске дисертације поднела је позитиван извештај Наставно-научном већу Саобраћајног факултета – одлука бр. 168/5;
- 09.05.2014. године на седници Наставно-научног већа Саобраћајног факултета донета је одлука бр. 168/6 о прихватању позитивне оцене Комисије за оцену подобности кандидата и теме и о предлогу да за ментора буде именован проф. др Небојша Бојовић, редовни професор Саобраћајног факултета Универзитета у Београду;

- 05.06.2014. године на седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду донета је одлука бр. 61206-2494/2014 којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата мр Предрага Јовановића, дипл. инж. саобраћаја и на именовање ментора, проф. др Небојше Бојовића, редовног професора Саобраћајног факултета Универзитета у Београду;
- 21.04.2016. године кандидат, мр Предраг Јовановић, дипл. инж. саобраћаја, поднео је неукоричене примерке завршене докторске дисертације уз молбу да отпочне поступак за оцену и одбрану докторске дисертације, бр. 396/1;
- 26.04.2016. на седници Наставно-научног већа Саобраћајног факултета донета је одлука бр. 396/3 о формирању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Предрага Јовановића, дипл. инж. саобраћаја;

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом „Моделирање параметара робусности реда вожње железнице“ припада ужој научној области „Организација и технологија железничког саобраћаја“, за коју је матичан Саобраћајни факултет Универзитета у Београду.

Ментор, проф. др Небојша Бојовић, редовни професор Саобраћајног факултета, бави се научно-истраживачким радом из различитих области, међу којима је и „Организација и технологија железничког саобраћаја“. Као аутор или коаутор је објавио више од 20 научних радова у међународним часописима са SCI листе, преко 30 радова у међународним и домаћим часописима, више од 45 радова на међународним и домаћим конференцијама и симпозијумима. Као руководиоца или аутор учествовао је у изради више од 45 научно-стручних пројеката и студија.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Мр Предраг Р. Јовановић је рођен у Београду 1973. године, где је завршио основну и средњу школу. Дипломирао је на Саобраћајном факултету 2000. године, на Одсеку за железнички саобраћај и транспорт, на тему „Истраживање потреба и могућности за увођење тешких теретних возова на прузи Београд-Бар“ са оценом 10 (десет) на дипломском испиту и просечном оценом 8,00 (осам) у току студија. Активно се служи енглеским језиком.

Након завршетка студија запослио се у ЖТП-у Београд, на радном месту водећи инжењер-технолог, у Секцији за СТП Београд. Положио је стручни испит за самостални рад на железници.

Последипломске студије је уписао 2001. године на Саобраћајном факултету, смер „Управљање развојем и технолошким процесима на железници“ и положио све испите на последипломским студијама са просечном оценом 10,00 (десет). Магистарски рад, под називом „Истраживање могућности повећања технолошких интервала с обзиром на искоришћење капацитета и стабилност реда вожње“, одбранио је 10.01.2011. године.

Од 2001. године запослен је на Саобраћајном факултету у Београду, најпре као асистент-приправник, а од 2011. године до данас као асистент на Одсеку за железнички саобраћај и транспорт. Ангажован је на извођењу наставе на предметима „Теорија вуче возова“, „Организација железничког саобраћаја“ и „Примена телематике и аутоматизација процеса на железници“, на Здруженој Катедри за управљање на железници, вучу и возна средства.

Области научног интересовања мр Предрага Јовановића су оптимизација искоришћења капацитета железничке инфраструктуре, стабилност и робусност реда вожње, организација

железничког саобраћаја и аутоматизација саобраћаја возова. Све наведено је непосредно везано са његовим досадашњим научно-истраживачким радом, посебно у сегменту међузависности организације железничког саобраћаја, односно реда вожње и оптималног коришћења инфраструктуре.

Као аутор или коаутор, до сада је учествовао у изради 17 радова у часописима, на домаћим и међународним научним скуповима и конференцијама. Коаутор је две збирке задатака из области Вуче возова. Био је члан ауторског тима при изради 18 научно-истраживачких и стручних пројеката.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Предрага Јовановића написана је према „Упутству за обликовање докторске дисертације“ које је 14.12.2011. године усвојио Сенат Универзитета у Београду у оквиру „Упутства за формирање репозиторијума докторских дисертација“. Дисертација је написана латиничним писмом, једнострано, укупног обима 149 страна, укључујући референтну литературу и прилоге. На почетку је дат резиме на српском и енглеском језику са кључним речима, садржај, листе слика и табела. Дисертација се састоји од девет поглавља под следећим називима:

1. Увод
2. Ред вожње железнице и капацитет железничке инфраструктуре
3. Робусност реда вожње железнице и кашњења возова
4. Параметри робусности и цена робусности реда вожње
5. Димензионисање временских резерви
6. Модели за имплементацију временских резерви у циљу повећања робусности
7. Примена модела за повећање робусности реда вожње
8. Анализа добијених резултата
9. Закључак и даљи правци истраживања

У наставку је дат списак коришћене литературе и референци са укупно 66 библиографске јединице релевантне за области које су дисертацијом обухваћене. На крају рада је дата биографија аутора и потписане изјаве о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и о коришћењу докторског рада.

Према структури рада, примењеним научним методама и постигнутим резултатима, дисертација у потпуности задовољава критеријуме и стандарде предвиђене за овакву врсту научног рада.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље је уводно. У оквиру овог поглавља, приказани су мотиви за избор теме, дефинисан је проблем и одређени истраживачки циљеви дисертације. Такође, дат је приказ садржаја рада.

У другом поглављу је детаљно приказан значај реда вожње, описани су параметри који дефинишу његов квалитет, а такође је детаљно представљена пропусна моћ пруга, као најзначајнији показатељ капацитета инфраструктуре, уз кратак опис савремених метода за њено утврђивање, са посебним освртом на предности и недостатке сваке од њих.

Треће поглавље садржи дефиниције робусности и стабилности реда вожње железнице. Такође, у њему су детаљно дефинисана кашњења возова као основни показатељ робусности реда вожње и приказана њихова основна подела, према настанку. Осим тога, укратко су описани до сада развијени модели за стохастичко утврђивање кашњења возова.

У четвртом поглављу су обрађени параметри робусности реда вожње. У основном делу поглавља, дефинисани су јединствени критеријуми за утврђивање приоритетних технолошких интервала који би требало заштитити временским резервама. Ови критеријуми представљају улаз у касније развијене оптимизационе моделе. На крају, дефинисана је цена робусности реда вожње, у смислу *trade-off* односа између кашњења возова и временског искоришћења капацитета.

У петом поглављу дефинисано је димензионисање временских резерви, у смислу постојећих прописа Међународне железничке уније. Такође, дефинисане су димензије временских резерви које су усвојене за примену у касније развијеним моделима.

У шестом поглављу су детаљно приказани развијени модели за оптималну алокацију временских резерви у ред вожње, како би се повећала његова робусност. Најпре су описани модели чија је примена лимитирана на једно међустанично растојање. Независно су развијени модел који примењује вишекритеријумско одлучивање и модел комбинаторне оптимизације. Након тога, развијени модели су проширени да би се омогућила њихова примена на целој прузи. На крају, модел комбинаторне оптимизације је додатно модификован да би се омогућио евентуални избор једноминутних делова временских резерви.

Седмо поглавље сарджи опис примене свих развијених модела на стварном реду вожње, као и излазне резултате модела.

У осмом поглављу је извршена детаљна анализа добијених резултата. Такође, извршен је и велики број симулација редова вожње, да би се кроз кашњења возова могло извршити поређење редова вожње по квалитету, а резултати тог поређења су приказани на крају поглавља.

На крају, у деветом поглављу, приказани су закључци до којих се дошло, приказани су научни доприноси дисертације и правци истраживања у будућности.

Докторска дисертација је технички квалитетно обрађена. Све слике су јасно и квалитетно представљене. Усвојене ознаке величина, нумерација слика, дијаграма, табела и израза поштована је током целог текста.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Последњих година, посебно у земљама са веома развијеним железничким саобраћајем, велика пажња се посвећује тачности и редовитости његовог извршења. Према бројним истраживањима која су спроведена, тачност, као показатељ квалитета превозне услуге, вреднује се вишим оценама у односу на неке друге показатеље, посебно са становишта крајњих корисника. Тачност и редовитост саобраћаја су директна последица робусности реда вожње, као целине.

У последње време, у научним оквирима, доста пажње се посвећује проблемима стабилности и робусности реда вожње. Међутим, иако је јасно да се робусност и стабилност реда вожње могу повећати само имплементацијом временских резерви у сам ред вожње, никада до сада нису дефинисане вредности тих временских резерви, као ни места у реду вожње где је њихова имплементација најповољнија.

Свако повећање технолошких интервала који се при саобраћају возова формирају, доводи до повећања искоришћења капацитета. Капацитет железничких пруга није бесконачан, и његов висок ниво искоришћења представља проблем, који је данас посебно изражен.

Критеријуми који су у тези дефинисани омогућили су нов приступ утврђивању приоритетних места у реду вожње за алокацију временских резерви, у потпуности поштујући захтеве настале из технологије регулације железничког саобраћаја.

Предложени модели за избор оптималних места за приоритетну алокацију временских резерви показали су се веома повољни, јер кроз дефинисана ограничења расположивог капацитета гарантују изводљивост реда вожње.

Модели користе познате методе вишекритеријумског одлучивања и комбинаторне оптимизације и са стране комплексности представљају моделе средњег нивоа и демонстрирају оригиналност приступа решавању проблема повећања робусности реда вожње железнице. Ово омоућава њихову примену на различитим нивоима одлучивања.

Модели су тестирани на стварном реду вожње, а квалитет добијених резултата додатно истиче једноставност примене модела са једне, и слободу доносиоца одлуке у избору параметара које ће у модел уврстити, са друге стране.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Дисертација поседује критичку анализу и референтну литературу са укупно 66 библиографских јединица, релевантних за предмет и циљеве истраживања. Коришћена литература највећим делом обухвата радове из међународних часописа, радове са националних и међународних конференција, монографије, књиге, студије и пројекте. Литература је правилно реферисана и аутор је показао висок ниво познавања резултата истраживања у најважнијој литератури из предметне области.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У оквиру докторске дисертације коришћени су метода АНР (Analytic Hierarchy Process), за вишекритеријумско одлучивање, као и палета проблема из групе проблема ранца (Knapsack Problem - KP). Најпре је искоришћен проблем ранца у својој основној форми за дефинисање модела оптималне алокације временских резерви на једном међустаничном растојању, а затим је тај модел модификован применом проблема ранца у вишедимензионалној форми (Multidimensional Knapsack Problem - MDKP). На крају, искоришћен је један облик проблема ранца, ограничени проблем (Bounded Multidimensional Knapsack Problem - BMDKP) да би се формирао модел који осим оптималних места за алокацију временских резерви, као резултат даје и износ временских резерви које би требало имплементирати. Без обзира на познату комплексност проблема из фамилије проблема ранца у смислу проналажења оптималног решења, уз релаксације које су у тези дефинисане, сви прорачуни су остварени коришћењем софтвера MiniZinc, а резултати су добијени за мање од једне секунде.

Да би се извршило поређење редова вожње по квалитету, реализације редова вожње су симулиране. За симулацију је искоришћен модел за симулацију линеарних система коришћењем *max-plus* алгебре, који је већ примењиван у истраживањима других аутора. У сврху саме симулације, развијен је код у програмском пакету MATLAB.

Сходно свему реченом, Комисија сматра да су изабране и коришћене методе адекватне и у потпуности одговарају предмету и циљевима истраживања.

3.4. Применљивост остварених резултата

Оригиначне методе дефинисане у докторској дисертацији имају и практичну вредност, пре свега кроз применљивост остварених резултата. Предложени приступи су тестирани на стварном реду вожње железница Шведске. Квалитет редова вожње добијених применом развијених модела је упоређен са квалитетом оригиналног реда вожње поредећи кашњења возова у реализацији сваког од њих, при чему ред вожње добијен било којим од развијених модела доминира над оригиналним. Остварени резултати омогућавају даљи развој и побољшање развијених модела, као и даље правце истраживања у овој области.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу анализе докторске дисертације, верификације остварених резултата истраживања објављивањем у међународним часописима и саопштавањем на међународним и домаћим скуповима, Комисија сматра да је кандидат несумњиво показао способност за самостални научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Анализирајући целокупан материјал који је изложен у докторској дисертацији кандидата мр Предрага Јовановића, дипл. инж. саобраћаја, сматрамо да су у њој остварени оригинални научни доприноси. Као најзначајнији доприносе дисертације издвајају се следећи:

- У дисертацији је развијен оригинални вишекритеријумски модел за избор приоритетних места за алокацију временских резерви у ред вожње. Иако је у дисертацији примењена само једна метода вишекритеријумског одлучивања, алгоритам којим је формално дефинисан модел оставља избор методе доносиоцу одлуке, према сопственим афинитетима и расположивим улазним подацима.
- Такође, развијен је оригинални модел комбинаторне оптимизације за оптималну алокацију временских резерви у ред вожње. Основни модел је проширен тако да је омогућена примена на целој прузи. Модел користи познати модел ранца, у вишедимензионалној форми, што омогућава налажење оптималног решења поштујући сва ограничења која настају из технологије регулисања саобраћаја возова.
- Посебан допринос представља модеификација модела комбинаторне оптимизације којом се омогућује финије одређивање износа временских резерви које би требало имплементирати у ред вожње. Ово ће омогућити да се по први пут одреде износи свих временских резерви у реду вожње применом математичког модела, тј. напуштање праксе да се минималне вредности временских резерви између траса возова одређују од случаја до случаја.
- Развијени оригинални модели за повећање робусности гарантују могућност примене на различитим нивоима одлучивања.

- Дефинисани су независни критеријуми, на основу којих је могуће брзо и лако утврдити критична места у реду вожње, с обзиром на ризик простирања кашњења кроз ред вожње.
- Посебан допринос је остварен кроз обједињени начин посматрања захтева за повећањем квалитета реда вожње, који дозвољава ширину доносиоцу одлуке, према локалним и глобалним системским потребама.
- Добијени резултати показују да су методе вишекритеријумског одлучивања и комбинаторне оптимизације изузетно успешне у решавању проблема из класе оптимизације реда вожње.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Према полазним претпоставкама у дисертацији, имајући у виду постављене циљеве и предмет истраживања, Комисија сматра да добијени резултати у дисертацији дају одговоре на постављена питања у току истраживања и да представљају оригиналан и савремен приступ за решавање проблема оптимизације реда вожње железнице. На основу датих нумеричких примера, показано је да се развијени модели могу применити за повећање робусности реда вожње.

4.3. Верификација научних доприноса

Верификација научних доприноса остварених у оквиру ове докторске дисертације реализована је објављивањем резултата истраживања у међународним часописима и саопштавањем резултата истраживања на међународним скуповима.

Верификација научног доприноса дисертације остварена је објављивањем следећих радова:

Категорија M21:

1. **Jovanović P.**, Kecman P., Bojović N., Mandić D.: Optimal allocation of buffer times to increase train schedule robustness, *European Journal of Operational Research*, 2016, (IF₂₀₁₄=2.358) DOI: 10.1016/j.ejor.2016.05.013.

Категорија M22:

1. Mandić D., **Jovanović P.**, Bugarinović M.: Two-phase model for multi-criteria project ranking: Serbian Railways case study, *Transport Policy*, vol. 36, pp. 88-104, 2014, (IF₂₀₁₄=1.492).

Категорија M33:

1. **Jovanović P.**, Mandić D., Ivanović D.: "Ranking of Headways Priority in Railway Timetable", *Proceedings of XVI International Scientific-expert Conference on Railways, RAILCON '14*, Niš, 2014., pp. 101-105.
2. **Jovanović P.**, Mandić D.: „Model za utvrđivanje vremenskih rezervi između trasa vozova“, Zbornik radova sa Naučno-stručnog skupa „Novi horizonti“, Doboj, Bosna i Hercegovina, 2013., str. 192-195.
3. **Jovanović P.**, Mandić D.: „Utvrdjivanje optimalne lokacije vremenskih rezervi za povećanje stabilnosti reda vožnje“, Zbornik radova sa Drugog B&H Kongresa o željeznicama, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2013., str. 297-305.
4. **Jovanović P.**: „Savremeni postupci proračuna kapaciteta železničkih pruga – iskustva i problemi“, Zbornik radova sa Prvog B&H Kongresa o željeznicama, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2011., str. 13-25.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу изложеног Комисија сматра да докторска дисертација кандидата мр Предрага Јовановића, дипл. инж. саобраћаја, представља вредан научни допринос у области оптимизације реда вожње железнице.

Докторска дисертација кандидата мр Предрага Јовановића, дипл. инж. саобраћаја, доказује његову потпуну научно-истраживачку зрелост, суверено владање модерним алатима и методама научно-истраживачког рада, као и завидно познавање различитих научних дисциплина.

Имамо част и задовољство да предложимо Наставно-научном већу Саобраћајног факултета Универзитета у Београду да поднету докторску дисертацију под називом

„МОДЕЛИРАЊЕ ПАРАМЕТАРА РОБУСНОСТИ РЕДА ВОЖЊЕ ЖЕЛЕЗНИЦЕ“

кандидата мр Предрага Јовановића, дипл. инж. саобраћаја, прихвати, изложи на увид јавности, упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а потом закаже јавну одбрану.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. Др Небојша Бојовић, редовни професор
Саобраћајног факултета Универзитета у Београду

.....
Проф. др Драгомир Мандић, редовни професор
Саобраћајног факултета Универзитета у Београду

.....
Проф. др Душан Стаменковић, редовни професор
Машинског факултета Универзитета у Нишу