

САОБРАЋАЈНИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ			
ПРИМЉЕНО:			
Бр. Јед.	Бр. Прилог	Датум	Вредност
	219/11	10 MAY 2017	

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

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Саобраћајног факултета бр. 219/10 од 09.05.2017 године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације **"ИЗБОР СИГНАЛНИХ ПЛАНОВА ЗА УПРАВЉАЊЕ САОБРАЋАЈЕМ ПРИМЕНОМ ОПТИМИЗАЦИЈЕ КОЛОНИЈОМ ПЧЕЛА"**, кандидата Александра Јовановића.

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

На основу увида у захтеве кандидата и одлуке Универзитета у Београду констатујемо следеће чињенице:

- 15.09.2011. године кандидат Александар Јовановић је завршио мастер студије на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду;
- 18.09.2013. године кандидат Александар Јовановић је поднео пријаву теме докторске дисертације Наставно-научном већу Саобраћајног факултета бр. 608/1, уз захтев да се спроведе поступак за оцену подобности кандидата и предложене теме и за ментора предложио академика Душана Теодоровића, редовног професора Саобраћајног факултета Универзитета у Београду;
- 09.10.2013. године на седници Наставно-научног већа Саобраћајног факултета донета је одлука бр. 608/5 о формирању Комисије за оцену подобности кандидата и теме за израду докторске дисертације;
- 04.02.2014. године Комисија за оцену подобности кандидата и теме за израду докторске дисертације поднела је позитиван извештај Наставно-научном већу Саобраћајног факултета - одлука бр. 608/6;
- 19.02.2014. године на седници Наставно-научног већа Саобраћајног факултета донета је одлука бр. 608/7 о прихватању позитивне оцене Комисије за оцену подобности кандидата и теме и за ментора је именован академик Душан Теодоровић, редовни професор Саобраћајног факултета Универзитета у Београду;

- 24.04.2017. године на седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду донета је одлука бр. 61206-1608/2-17 којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Александра Јовановића и на именовање ментора академика Душана Теодоровића, редовног професора Саобраћајног факултета Универзитета у Београду;
- 27.04.2017. године кандидат Александар Јовановић је поднео примерак неукоричене докторске дисертације, уз молбу Наставно-научном већу Саобраћајног факултета да отпочне поступак за оцену и одбрану докторске дисертације;
- 09.05.2017. на седници Наставно-научног већа Саобраћајног факултета донета је одлука бр. 219/10 о формирању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Александра Јовановића.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом **"ИЗБОР СИГНАЛНИХ ПЛАНОВА ЗА УПРАВЉАЊЕ САОБРАЋАЈЕМ ПРИМЕНОМ ОПТИМИЗАЦИЈЕ КОЛОНИЈОМ ПЧЕЛА"** припада научној области „Саобраћајно инжењерство“ и ужој научној области „Операциона истраживања у саобраћају“ за коју је матичан Саобраћајни факултет Универзитета у Београду.

Ментор, академик Душан Теодоровић, редовни професор Саобраћајног факултета Универзитета у Београду, бави се операционим истраживањима у саобраћају. Објавио је 80 радова у међународним научним часописима са SCI листе. Ови радови су цитирани у светској литератури 5325 пута (база *Google Scholar*). *Hirsch* - ов индекс научне компетентности професора Теодоровића износи $h = 38$ (база *Google Scholar*).

1.3. Биографски подаци о кандидату

Александар Јовановић је рођен 05. 04. 1987. године у Београду. Основну школу “Васа Чарапић” и средњу Е.Т.Ш. “Раде Кончар” завршио је са одличним успехом. Саобраћајни факултет Универзитета у Београду, смер “Друмски и градски саобраћај и транспорт”, завршио је 2010. године са просечном оценом 8,00. Завршни рад под називом “Анализа услова саобраћаја на путу Доњи Милановац - Кладово и предлог побољшања” оцењен је оценом 10. Мастер студије на матичном факултету на смеру “Саобраћајно инжењерство”, завршио је 2011. године са просечном оценом 8,53. Мастер рад под називом “Утицај тунела на капацитет двотрачних путева” оцењен је оценом 10. На докторским студијама положио је све Статутом факултета предвиђене испите са просечном оценом 10,00.

Од 2013. до 2015. године био је у радном односу на Високој техничкој школи струковних студија Крагујевац, у звању сарадника у настави. Од октобра 2016. године запослен је у Високој инжењерској школи струковних студија Техникум Таурунум, у Земуну, у звању асистента у настави.

У досадашњем истраживачком раду је у својству аутора или коаутора учествовао у објављивању више од 15 научних радова објављених у часописима, на домаћим или иностраним конференцијама.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Александра Јовановића написана је у складу са „Упутством за обликовање докторске дисертације“ које је 14.12.2011. године усвојио Сенат Универзитета у Београду у оквиру „Упутстава за формирање репозиторијума докторских дисертација“. Дисертација је написана латиничним писмом, једнострано и укупног је обима 132 стране, укључујући референтну литературу. На почетку дисертације дат је резиме на српском и енглеском језику са кључним речима, садржај, листа табела и слика. Докторска дисертација се састоји од следећих седам поглавља:

1. Уводна разматрања
2. Проблеми управљања саобраћајним токовима
3. Метакхеуристички алгоритам Оптимизација колонијом пчела
4. Управљање радом изоловане сигнализоване раскрснице
5. Вишекритеријумско управљање радом изоловане сигнализоване раскрснице
6. Зонско управљање саобраћајним токовима
7. Закључак и правци будућих истраживања

У наставку је дат списак коришћене литературе и референци са укупно 147 библиографских јединица из области управљања саобраћајем, математичког програмирања и метакхеуристичких алгоритама. 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, наведени су очекивани научни доприноси и дат је приказ садржаја рада.

У другом поглављу детаљније су представљени основни појмови из области управљања саобраћајним токовима. Поред тога, дат је и преглед основне литературе са кратким описом појединих истраживања.

Треће поглавље је посвећено метакхеуристичком методу Оптимизација колонијом пчела (ВСО). Представљени су основни концепти овог метода. Дат је преглед литературе који се односи на решавања већег броја инжењерских проблема применом метода ВСО.

У четвртном поглављу анализиран је проблем управљања радом изоловане сигнализоване раскрснице. Предложена је нова математичка формулација проблема. Развијени модел, заснован на ВСО алгоритму, је тестиран на више хипотетичких примера. Такође је развијени модел тестиран и на једној од управљачки најкомплекснијих раскрсница у Србији, где се укрштају токови три београдске улице: Кнеза Милоша, Булевар Краља Александра и Таковске.

Пето поглавље је посвећено проблему вишекритеријумског управљања изолованом семафорисаном раскрсницом. Анализирани су временски губици возила и временски губици пешака на изолованој сигнализаној раскрсници. Предложен је математички модел за решавање уоченог проблема. Алгоритам за решавање (заснован на ВСО метахеуристици) налази компромис између две критеријумске функције у међусобном конфликту. Проблем вишекритеријумске оптимизације решаван је интерактивном методом. Модел који је тестиран на хипотетичком и реалном примеру, показује могућности своје практичне примене.

У шестом поглављу је разматран проблем управљања саобраћајним токовима у зони раскрсница. Предложен је нови хеуристички алгоритам за генерисање иницијалног решења. Предложени метод за решавање проблема је заснован на ВСО алгоритму, који побољшава иницијално решење добијено хеуристичким приступом. Добијена решења су тестирана на познатом примеру из литературе и поређена су са решењима добијеним техником симулираног каљења.

Последње, седмо поглавље, посвећено је закључним разматрањима и правцима будућих истраживања.

Докторска дисертација је технички квалитетно обрађена у складу са најсавременијим могућностима компјутерске технике у области издаваштва. Све слике и дијаграми су јасно и квалитетно представљени. Дефинисане ознаке величина, нумерација слика, дијаграма, табела и израза су поштоване у оквиру читавог текста.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

У дисертацији су разматрани проблеми управљања саобраћајним токовима на изолованој сигнализаној раскрсници (једнокритеријумски и вишекритеријумски приступ) и проблеми управљања саобраћајним токовима у оквиру зоне сигнализаних раскрсница. Уличне мреже великих градова широм света су загушене, што за последицу има низ негативних ефеката (загађење ваздуха, већи ниво буке, повећање времена путовања, повећани број саобраћајних незгода, итд...). Саобраћајни инжењери, планери и градске власти примењују различите управљачке стратегије како би смањили ниво саобраћајних загушења. Ова дисертација даје свој допринос решавању ових проблема.

Проблеми разматрани у овој дисертацији по својој природи спадају у проблеме комбинаторне оптимизације. У случају фиксног режима рада раскрснице саобраћајни токови се групишу у одређени број фаза. Свакој фази се додељује одређени интервал времена за опслуживање. Са порастом броја фаза расте и комбинаторна сложеност разматраног проблема. У циљу решавања проблема управљања саобраћајним токовим у дисертацији су развијени нови математички модели праћени одговарајућим софтверским решењима. Методе за решавање разматраних проблема базирају се на метахеуристичком алгоритму Оптимизација колонијом пчела (*Bee colony optimization (BCO)*).

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У дисертацији су критички анализирани досадашњи модели, методе и резултати из области управљања саобраћајним токовима. Анализирана литература је релевантна за предмет и циљеве истраживања. Коришћена литература највећим делом обухвата радове из међународних научних часописа. Такође је анализиран и већи број радова са националних и међународних конференција. Литература је реферисана у складу са уобичајеним међународним стандардима.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Кандидат је проблеме проучаване у дисертацији формулисао као *дискретне оптимизационе проблеме*. За решавање оваквих проблема, развијане су различите технике. Једна група ових техника је у стању да пронађе оптимално решење постављеног проблема, али само у случајевима примера мањих димензија. Ове технике се називају *егзактним методама*. Остале технике се могу сврстати у групу *хеуристика* (омогућавају изналажење доброг решења у разумном времену рада рачунара само за неке специфичне проблеме) или у групу *метахеуристика* (уопштени скуп правила којима се проналазе довољно добра решења у прихватљивом времену рада рачунара за различите типове проблема). Последњих година важно место у групи метахеуристика заузимају алгоритми инспирисани природним процесима. У овој дисертацији је коришћена метахеуристика Оптимизација колонијом пчела (*Bee Colony Optimization - BCO*). Основна идеја BCO метахеуристике је да претраживање поља допустивих решења врше вештачки агенти који oponашају пчеле током процеса сакупљања хране (нектара) у природи. Добри претходни резултати представљали су мотив за примену ове метахеуристике као универзалног алата за решавање саобраћајних проблема формулисаних у докторској дисертацији. Комисија сматра да су изабране и коришћене методе адекватне и у потпуности одговарају предмету и циљевима истраживања.

3.4. Применљивост остварених резултата

Модел и методи развијени у докторској дисертацији имају велику практичну вредност. Предложени модели су тестирани на хипотетичким примерима, примерима из литературе, као и на два реална примера. Добијене резултате могу користити пројектанти светлосне сигнализације, као и инжењери који се баве управљањем саобраћајних токова у градовима. Развијени модели праћени су и одговарајућим софтверским пакетима. Остварени резултати такође омогућавају дефинисање нових праваца истраживања у овој области.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу анализе докторске дисертације, узимајући у обзир верификацију остварених резултата истраживања објављивањем у међународним часописима и саопштавањем на међународним и домаћим скуповима, Комисија сматра да је кандидат показао способност за самостални и тимски научни рад. Кандидат је показао велики таленат и мотивисаност и без сумње ће, у годинама које долазе, да постане препознатљив истраживач у областима саобраћајног инжењерства и операционих истраживања.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

На основу детаљне анализе докторске дисертације кандидата Александра Јовановића, сматрамо да су у њој остварени оригинални и значајни научни доприноси. Као најзначајнији доприноси докторске дисертације издвајају се следећи:

- Развијен је модел за управљање радом изоловане сигнализоване раскрснице. Предложени модел, који је заснован на ВСО алгоритму, генерисао је боља решења у односу на, у свету широко коришћени, комерцијални софтвер HCS Signals. Извршена тестирања су детаљно приказана у дисертацији.
- Развијен је вишекритеријумски модел за управљање изолованом сигнализаном раскрсницом. Модел укључује у анализу поред токова возила и пешачке токове. Предложени концепт представља комбинацију интерактивног метода за решавање проблема вишекритеријумске оптимизације и ВСО алгоритма. У дисертацији су разматран тест примери у случају када се токови возила и пешачки токови опслужују у оквиру истих фаза управљања, као и у случају када се пешачки токови опслужују у посебној фази управљања. Разматрани примери указују на могућност практичне примене предложеног концепта.
- Развијена је оригинална математичка формулација зонског управљања радом сигнализаних раскрсница. Критеријумска функција узима у обзир временске губитке возила услед постојања помака зеленог времена у оквиру зонске координације, као и временске губитке условљене постојањем семафорисаних раскрсница.
- Развијена је нова хеуристичка метода за постављање иницијалног решења у зони. Иницијално решење садржи време циклуса, расподеле зелених времена на фазе управљања свих раскрсница унутар зоне и вредности помака зеленог времена на свим гранама зоне. Генерисано иницијално решење је побољшавано колонијом вештачких пчела. На тест примеру, познатом у литератури, показало се да су решења, која произилазе из предложеног ВСО модела, боља у односу на она која нуди алгоритам симулираног каљења.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У докторској дисертацији кандидата Александра Јовановића развијено је више модела (заснованих на метахеуристици Оптимизација колонијом пчела) за решавање проблема управљања саобраћајним токовима у градовима.

Узимајући у обзир полазне претпоставке, постављене циљеве и предмет истраживања, Комисија сматра да резултати остварени у докторској дисертацији дају одговоре на питања постављена током истраживања и да представљају оригиналан и савремен приступ за решавање уочених проблема.

Излагање у дисертацији је изузетно добро планирано, а организација таква да се кроз поједина поглавља, излажу оригинални резултати истраживања, верификовани кроз научне радове аутора, наведене у литератури. Истраживања у оквиру докторске дисертације су изведена у више фаза које одговарају оквирном садржају дисертације.

У докторској дисертацији су коришћене методе математичког програмирања и метахеуристички алгоритми. За потребе имплементације алгоритма развијени су програмски кодови у програмском језику *Java* и *C#*.

Резултати тестирања развијених модела указују да су предложени модели и развијени рачунарски програми способни да генеришу веома квалитетна решења и да у значајној мери олакшају рад доносиоцима одлука.

4.3. Верификација научних доприноса

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

Верификација научног доприноса дисертације остварена је објављивањем следећих радова:

Категорија M21:

1. **Jovanović, A., Nikolić, M. i Teodorović, D.** 2017. Area-wide urban traffic control: A Bee Colony Optimization approach, *Transportation Research Part C*, 77, 329-350. (M21 – IF = 3.075).

Категорија M23:

1. **Jovanović, A. i Teodorović, D.** 2017. Pre-timed control for under-saturated and over-saturated isolated intersection: A Bee Colony Optimization (BCO) approach, *Transportation Planning and Technology*, 40(5), 556-576. (M23 – IF = 0.706).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу изложеног, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Александра Јовановића, мастер инжењера саобраћаја, представља изузетно вредан научни допринос у областима саобраћајног и транспортног инжењерства и оперативних истраживања.

Докторска дисертација кандидата Александра Јовановића, доказује његову научно-истраживачку зрелост, владање модерним техникама и методама научно-истраживачког рада, веома добро познавање различитих научних дисциплина, ентузијазам, посвећеност и таленат за бављење науком.

Имамо част и задовољство да предложимо Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Саобраћајног факултета да поднету докторску дисертацију под називом: **ИЗБОР СИГНАЛНИХ ПЛАНОВА ЗА УПРАВЉАЊЕ САОБРАЋАЈЕМ ПРИМЕНОМ ОПТИМИЗАЦИЈЕ КОЛОНИЈОМ ПЧЕЛА** кандидата Александра Јовановића, мастер инжењера 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

Академик Душан Теодоровић,
редовни професор Саобраћајног факултета
Универзитета у Београду - ментор

др Никола Челар, доцент
Саобраћајног факултета Универзитета у Београду

др Милан Дражић, ванредни професор
Математичког факултета Универзитета у Београду