

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Милоша Николића, дипл. инж. саобраћаја

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Саобраћајног факултета бр. 825/3 од 10.11.2014 године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милоша Николића, дипл. инж. саобраћаја под насловом

## **"УБЛАЖАВАЊЕ ПОСЛЕДИЦА ПОРЕМЕЋАЈА У ОДВИЈАЊУ САОБРАЋАЈА ПРИМЕНОМ МЕТАХЕУРИСТИКЕ ОПТИМИЗАЦИЈА КОЛОНИЈОМ ПЧЕЛА"**

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 Милоша Николића, дипл инж. саобраћаја и донетих одлука Универзитета у Београду - Саобраћајног факултета, хронологија одобравања и израде дисертације је следећа:

- 12.10.2010. године кандидат, Милош Николић, дипл инж. саобраћаја, завршио је мастер студије је на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду;
- 24.09.2013. године кандидат, Милош Николић, дипл инж. саобраћаја, поднео је пријаву теме докторске дисертације Наставно-научном већу Саобраћајног факултета бр. 630/1, уз захтев да се спроведе поступак за оцену подобности кандидата и предложене теме и за ментора предложио проф. др Душана Теодоровића, дописног члана САНУ, редовног професора Саобраћајног факултета Универзитета у Београду;
- 09.10.2013. године на седници Наставно-научног већа Саобраћајног факултета донета је одлука бр. 630/4 о формирању Комисије за оцену подобности кандидата и теме за израду докторске дисертације;
- 25.12.2013. године Комисија за оцену подобности кандидата и теме за израду докторске дисертације поднела је позитиван извештај Наставно-научном већу Саобраћајног факултета - одлука бр. 630/7;

- 27.12.2013. године на седници Наставно-научног већа Саобраћајног факултета донета је одлука бр. 630/10 о прихватању позитивне оцене Комисије за оцену подобности кандидата и теме и о предлогу да за ментора буде именован др Душан Теодоровић, редовни професор Саобраћајног факултета Универзитета у Београду;
- 20.01.2014. године на седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду донета је одлука бр. 61206-56/2-14 којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Милоша Николића, дипл. инж. саобраћаја и на именовање ментора др Душана Теодоровића, редовног професора Саобраћајног факултета Универзитета у Београду;
- 29.10.2014. године кандидат Милош Николић, дипл. инж. саобраћаја, је поднео примерак неукоричене дисертације уз молбу Наставно-научном већу Саобраћајног факултета да отпочне поступак за оцену и одбрану докторске дисертације;
- 05.11.2014. на седници Наставно-научног већа Саобраћајног факултета донета је одлука бр. 825/3 о формирању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милоша Николића.

## 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом "Ублажавање последица поремећаја у одвијању саобраћаја применом метахеуристике Оптимизација 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, проф. др Душан Теодоровић, дописни члан САНУ, редовни професор Саобраћајног факултета Универзитета у Београду, бави се операционим истраживањима у саобраћају. Објавио је 76 радова у међународним научним часописима са SCI листе. Ови радови су цитирани у светској литератури 3857 пута (база *Google Scholar*). *Hirsch* - ов индекс научне компетентности професора Теодоровића износи  $h = 34$  (база *Google Scholar*).

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Милош Николић је рођен 12.02.1984. године. После завршене Железничке техничке школе уписао је Вишу железничку школу у Београду на којој је дипломирао 2006. године. На Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет, одсек Логистика, уписао се школске 2006/2007. године. Основне академске студије је завршио 2009. године са просечном оценом 8,59. Завршни рад под називом „Одређивање рута возила при сакупљању комуналног отпада у Обреновцу“ оцењен је оценом 10.

Школске 2009/2010 уписао је Дипломске академске студије – Мастер, на одсеку Логистика, које је завршио са просечном оценом 9,86. Дипломски рад под називом „Систем за подршку одлучивању у логистици“ оцењен је оценом 10. Докторске студије на Саобраћајном факултету је уписао школске 2010/2011. године.

Од 1. јула 2011. године ради на Универзитету у Београду - Саобраћајном факултету у звању асистента (ужа научна област „Операциона истраживања у саобраћају“). Кандидат учествује у извођењу наставе на основним студијама на предметима: Операциона истраживања, Анализа транспортних мрежа и Лучки оптимизацини модели. На мастер студијама ангажован је на следећим предметима: Детерминистички модели операционих истраживања, Квантитативне менаџмент методе у транспорту и комуникацијама, Меки рачун

и примене у саобраћају, Метакхеуристички алгоритми инспирисани природом и примене у саобраћају и Математичко моделирање транспортних мрежа.

Током лета 2013. године провео је три месеца на Универзитету Калифорније у Берклију (*University of California at Berkeley*) радећи као истраживач на пројекту “*Dynamic Collaborative Gate Allocation*“. Истраживачки пројекат је завршен и предат спонзору истраживања (*NASA*). Проблеми којима се кандидат бавио у оквиру истраживачког пројекта су у директној вези са темом докторске дисертације.

У досадашњем истраживачком раду је у својству аутора или коаутора учествовао у објављивању више од 20 научних радова објављених у часописима, на домаћим или иностраним конференцијама. Члан је ауторског тима истраживачког пројекта који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Милош Николић је шаховски *FIDE* мајстор. Био је кадетски првак у шаху Србије и Црне Горе 2002. године (дечаци до 18 година) и омладински првак Београда 2003. године. Говори енглески, а служи се француским и руским језиком.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Милоша Николића написана је у складу са „Упутством 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 ћиричним писмом, једнострано, укупног обима 159 страна, укључујући референтну литературу и прилоге. На почетку дисертације дат је резиме на српском и енглеском језику са кључним речима, садржај, листа табела и слика. Докторска дисертација се састоји од седам поглавља под следећим називима:

1. Уводна разматрања
2. Ублажавање последица поремећаја у одвијању планираних редова вожњи, редова летења и планова дистрибуције робе
3. Метакхеуристика Оптимизација колонијом пчела
4. Распоређивање авиона по паркинг позицијама у условима поремећаја насталих кашњењем авиона
5. Ублажавање поремећаја насталих недостатком возила у системима масовног превоза
6. Ублажавање поремећаја у дистрибуцији робе
7. Закључна разматрања и правци будућег рада.

У наставку је дат списак коришћене литературе и референци са укупно 147 библиографске јединице из области управљања поремећајима, распоређивања и рутирања, математичког програмирања и метакхеуристичких алгоритама и др. 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 делу (након увода) детаљније је указано на значај решавања проблема у саобраћају и транспорту насталих поремећајима. Такође, указано је на комбинаторну природу разматраних проблема, као и на појаву могућег већег броја критеријумских функција.

Метахеуристика Оптимизација колонијом пчела је описана у трећем делу дисертације. У овом поглављу је дат кратак преглед литературе у којој је ова метахеуристика коришћена, указано је на верзије алгорита које постоје, као и на њихове специфичности у имплементацији. Поред тога извршена је емпиријска студија у којој се тежило провери квалитета решења које је могуће постићи Оптимизацијом колонијом пчела.

У четвртном поглављу је изложен проблем распоређивања авиона по паркинг позицијама аеродрома у ситуацијама када поједини авиони касне. За решавање овог проблема предложена је математичка формулација заснована на вишекритеријумском мешовитом целобројном програмирању. Такође, због великих димензија проблема који се могу јавити предложен је и хеуристички алгоритам заснован на метахеуристици Оптимизација колонијом пчела. Предложени модели су тестирани на примеру аеродрома у Денверу.

У петом поглављу разматрани су проблеми који настају у случају када је у системима масовног превоза на располагању мањи број возила од планираног. За решавање овог проблема предложено је више модела. У случајевима када је дозвољена само прерасподела расположивих аутобуса између линија, као и када је осим прерасподеле дозвољено и модификовање мреже линија предложене су математичке формулације, као и хеуристички приступи засновани на Оптимизацији колонијом пчела. Предложени модели у овом делу су тестирани на примерима из литературе.

У шестом делу је развијена математичка формулација и одговарајући хеуристички алгоритам за проблем рутирања возила, у ситуацијама када због повећане потражње једну или више планираних рута није могуће реализовати. Такође, у овом делу је решаван и проблем рутирања возила са временским интервалима. Тестирања алгоритама су показала ефикасност хеуристичког алгоритма заснованог на метахеуристици Оптимизација колонијом пчела.

У последњем, седмом, поглављу дата су закључна разматрања, као и правци 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. Усвојене ознаке величина, нумерација слика, дијаграма, табела и израза су поштовани у оквиру читавог текста.

### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1. Савременост и оригиналност

У дисертацији су разматрани проблеми ублажавања последица поремећа у у одвијању планираних редова возњи, редова летења и планова дистрибуције робе. Разлози настанка поремећаја могу да буду: откази возила и или опреме из техничких разлога (отказ авиона, аутобуса, трамваја), метеоролошки услови (појава магле, велике снежне падавина, ниске температуре), људски фактор (изостанак са посла једног или више радника, грешке у раду), услови окружења (загушења у саобраћају, затвореност појединих саобраћајница).

Разматрани проблеми спадају у тешке проблеме комбинаторне оптимизације. Транспортне мреже на којима долази до поремећаја у одвијању планираних активности карактерише постојање веома великог броја чворова и грана. С обзиром да се поремећаји углавном јављају током процеса реализације претходно дефинисаних планова, решења је често потребно наћи у што је могуће краћем времену. Комбинаторна природа проблема поремећаја у одвијању планираних транспортних активности, као и велике димензије транспортних мрежа условили су да се назначени проблеми решавају метахеуристичком Оптимизација колонијом пчела.

#### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У дисертацији су критички анализирани досадашњи модели, методе и резултати из области пројектовања редова возње, редова летења и пројектовања рута возила у дистрибутивним системима. Анализирана литература је релевантна за предмет и циљеве истраживања. Коришћена литература највећим делом обухвата радове из међународних 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 метахеустика Оптимизација колонијом пчела (*Bee Colony Optimization - BCO*). Основна идеја BCO метахеуристике је да претраживање поља допустивих решења врше вештачки агенти који опонашају 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

Модели и методи развијени у докторској дисертацији имају велику практичну вредност. Предложени модели су тестирани на примерима транспортних мрежа из литературе, као и на неколико реалних примера. Добијене резултате могу користити пројектанти редова возње и редова летења, као и диспечери задужени са вођење саобраћајних и транспортних операција. 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 изузетан таленат и велику мотивисаност и без сумње ће, у годинама које долазе, да постане међународно 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 Милоша Николића, сматрамо да су у њој остварени оригинални и значајни научни доприноси. Као најзначајнији доприноси докторске дисертације издвајају се следећи:

- Извршена је студија перформанси и провера квалитета решења која је могуће постићи методом Оптимизација колонијом пчела. Провера је извршена на примерима налажења екстремних вредности бенчмарк функција. Кандидат је показао да је ВСО метахеуристика конкурентна другим приступима, чиме је дао допринос новим применама ВСО методе.
- Развијена је математичка формулација мешовитог целобројног програмирања проблема поремећаја паркирања и опслуге авиона на паркинг позицијама аеродрома. За решавање посматраног проблема предложен је и хеуристички алгоритам заснован на метахеуристици Оптимизација колонијом пчела. Резултати добијени тестирањем хеуристичког алгоритма указују да се у оквиру релативно кратког рачунарског времена могу пронаћи изузетно квалитетна решења.
- Развијени су модели којима се врши прерасподела расположивих аутобуса на линије, као и модификовање постојећих линија у случајевима недостатка возила у јавним системима превоза путника. Предложени модели су засновани на математичком програмирању и метахеуристици Оптимизација колонијом пчела. Резултати добијени на основу извршених тестирања развијених модела указују да предложени хеуристички алгоритми генеришу изузетно квалитетна решења.
- Развијен је оригинални модел за пројектовање новог скупа рута возила у случајевима поремећаја планираних активности у процесу дистрибуције робе у дистрибутивним системима.

- Сви предложени модели и развијени рачунарски програми имају веома велику практичну примену.

#### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У докторској дисертацији кандидата Милоша Николића развијено је више модела (заснованих на метахеуристици Оптимизација колонијом пчела) за решавање проблема поремећаја у извршавању планираних редова возње, редова летења и рутирања возила у дистрибутивним системима.

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*.

Резултати тестирања развијених модела указују да су предложени модели и развијени рачунарски програми способни да у реалном времену генеришу веома квалитетна решења и 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 међународним и домаћим скуповима.

Поред тога, резултати дисертације су коришћени у реализацији активности научно истраживачког пројекта подржаног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (ев. бр. 36002).

Верификација научног доприноса дисертације остварена је објављивањем следећих радова:

#### Категорија M21:

1. **Nikolić, M.**, Teodorović, D. 2013a. Empirical study of the bee colony optimization (BCO) algorithm, *Expert Systems with Applications*, 40(11), 4609–4620. (M21 – IF = 1.9565)
2. **Nikolić, M.**, Teodorović D. 2013b. Transit network design by Bee Colony Optimization. *Expert Systems with Applications*, 40, 15, 5945-5955. (M21 – IF = 1.9565)
3. **Nikolić, M.**, Teodorović, D., 2014. A simultaneous transit network design and frequency setting: Computing with bees, *Expert Systems with Applications*, 41 (16), 7200-7209. (M21 – IF = 1.9565)

#### Категорија M23:

1. **Nikolić, M.**, Teodorović, D., Vukadinović, K., Disruption Management in Public Transit: The Bee Colony Optimization (BCO) approach, Transportation Planning and Technology, (M23 – IF = 0.255) DOI: 10.1080/03081060.2014.997447

#### Категорија M33:

1. **Nikolić M.**, Teodorović D., Šelmić M. 2013. Solving the Vehicle Routing Problem With Time Windows by Bee Colony Optimization Metaheuristic, In Proceedings of the 1st Logistics International Conference, Belgrade, 44-48. ISBN: 978-86-7395-321-2

#### Категорија M63:

1. **Николић, М.**, Теодоровић, Д. 2012. Отклањање саобраћајних поремећаја насталих услед недостатка аутобуса применом Оптимизације колонијом пчела, Зборник радова XXXIX симпозијума о операционим истраживањима – SIMOPIS 2014, Тара, Србија, стр. 553-556, ISBN: 978-86-7488-086-9
2. **Николић, М.**, Теодоровић, Д. 2013. Пројектовање мреже линија јавног градског превоза применом Оптимизације колонијом пчела, Зборник радова XL симпозијума о операционим истраживањима – SIMOPIS 2014, Златибор, Србија, стр. 799-804, ISBN: 978-86-7680-286-9
3. **Николић, М.**, Шелмић, М., Теодоровић, Д. 2014. Решавање проблема рутирања са временским интервалима применом Оптимизације колонијом пчела, Зборник радова XLI симпозијума о операционим истраживањима – SIMOPIS 2014, Дивчибаре, Србија, стр. 655-660, ISBN: 978-86-7395-325-0
4. **Николић, М.**, Теодоровић, Д. 2014. Ублажавање последица повећане потражње на унапред пројектоване руте возила у дистрибутивним системима, Зборник радова XLI симпозијума о операционим истраживањима – SIMOPIS 2014, Дивчибаре, Србија, стр. 661-666, ISBN: 978-86-7395-325-0



## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу изложеног, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Милоша Николића, дипл. инж. саобраћаја, представља изузетно вредан научни допринос у областима саобраћајног и транспортног инжењерства и операционих истраживања.

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

Имамо част и задовољство да предложимо Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Саобраћајног факултета да поднету докторску дисертацију под називом **УБЛАЖАВАЊЕ ПОСЛЕДИЦА ПОРЕМЕЋАЈА У ОДВИЈАЊУ САОБРАЋАЈА ПРИМЕНОМ МЕТАХЕУРИСТИКЕ ОПТИМИЗАЦИЈА КОЛОНИЈОМ ПЧЕЛА** кандидата Милоша Николића, 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 Душан Теодоровић, дописни члан САНУ,  
редовни професор Саобраћајног факултета  
Универзитета у Београду – ментор

.....  
Проф. др Јован Поповић, редовни професор  
Саобраћајног факултета Универзитета у Београду

.....  
Проф. др Катарина Вукадиновић, редовни професор  
Саобраћајног факултета Универзитета у Београду

.....  
Проф. др Милорад Видовић, редовни професор  
Саобраћајног факултета Универзитета у Београду

.....  
Проф. др Вера Вујчић, редовни професор  
Факултета организационих наука у Београду