

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Ненада Бјелића, дипл. инж. саобраћаја

Одлуком бр. 624/4 од 15.09.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Ненада Бјелића, дипл. инж. саобраћаја под насловом

**“Модели за оперативно управљање једном класом претоварних средстава у условима динамичке појаве задатака”**

Након 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

- 20.11.2009. год. Кандидат, мр Ненад Бјелић, одбранио је на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду магистарску тезу под називом "Модели оперативног управљања претоварним системима са дистрибуираним ресурсима".
- 28.09.2012. год. Кандидат је Наставно-научном већу Саобраћајног факултета поднео пријаву теме докторске дисертације (број пријаве 631/1), уз захтев да се спроведе поступак за оцену подобности кандидата и предложене теме.
- 03.10.2012. год. Одлуком бр. 631/3 Наставно-научног већа Саобраћајног факултета Универзитета у Београду формирана је Комисија за оцену подобности кандидата и теме докторске дисертације.
- 07.11.2012. год. Одлуком Наставно - научног већа Саобраћајног факултета Универзитета у Београду бр. 631/5 позитивно је оцењена научна заснованост и подобност кандидата мр Ненада Бјелића, дипл. инж. саобраћаја, и прихваћена тема за израду докторске дисертације под називом "Модели за оперативно

управљање једном класом претоварних средстава у условима динамичке појаве задатака ".

- 19.11.2012.. год. Одлуком број 06-21043/21-12 Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације мр Ненада Бјелића.
- 01.09.2014. год. Кандидат, мр Ненад Бјелић, предао је неукоричене примерке завршене докторске дисертације и поднео захтев Наставно-научном већу Саобраћајног факултета за почетак поступка оцене и одбране (заведено под бројем 624/1).
- 15.09.2014. год. Одлуком Наставно-научног већа Саобраћајног факултета Универзитета у Београду бр. 624/4 формирана је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације.

### 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом "Модели за оперативно управљање једном класом претоварних средстава у условима динамичке појаве задатака" припада научној области *Саобраћајно инжењерство* и ужој научној области *Руковање материјалом и еко логистика* за коју је матичан Саобраћајни факултет Универзитета у Београду.

Ментор, др Милорад Видовић, редовни професор Саобраћајног факултета, бави се научно-истраживачким радом из наведене области. Као аутор или коаутор објавио је 8 научних радова у међународним часописима са SCI листе, преко 15 радова у међународним и домаћим часописима и више од 100 радова на међународним и домаћим конференцијама и симпозијумима. Активно је учествовао, као аутор или руководиоца, у преко 80 пројеката и студија.

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

Мр Ненад Бјелић, рођен је 24. октобра 1977. године у Крагујевцу од оца Петра и мајке Милесе. Основно и средње образовање је стекао у Смедеревској Паланци где је 1992.год. завршио основну школу „Херој Иван Мукер“, а 1996. год. природно-математички смер гимназије „Света Ђорђевић“. Школске 1996/97. уписао је Саобраћајни факултет Универзитета у Београду, где 2003. год. завршава студије одбраном дипломског рада “Модели планирања у системима експрес преноса поштиљака”, са просечном оценом студирања 8.66 и дипломским радом оцењеним оценом 10.

Постдипломске студије на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду кандидат је уписао новембра 2003. године, на смеру Логистички системи. Положио је све испите на постдипломским студијама са просечном оценом 10 и у новембру 2009. године је одбранио магистарску тезу под називом „Модели оперативног управљања претоварним системима са дистрибуираним ресурсима“

На Одсеку за логистику Саобраћајног факултета Универзитета у Београду је од новембра 2003.год. у звањима асистента-приправника, сарадника у настави и асистента ангажован за држање вежби на основним академским студијама из предмета: Механизација претовара, Робота у логистичким процесима, Објектно оријентисана симулација логистичких система, Симулација логистичких система, Технологија система руковања материјалима, док је на

мастер студијама ангажован за држање вежби на предметима Оперативно планирање претоварних процеса и Софтверски алати у логистици.

У досадашњем истраживачком раду је у својству аутора или коаутора учествовао у објављивању 3 рада у часописима са SCI листе, 5 радова у међународним и домаћим часописима и 36 радова на међународним и домаћим конференцијама и скуповима. Поред тога, као члан ауторског тима учествовао је у изради 9 научно-истраживачких и стручних студија и пројеката.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација мр Ненада Бјелића, дипл. инж. саобраћаја, 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, укупног обима 146 страна, написана је латиничним писмом. На почетку дисертације дат је резиме са кључним речима, садржај, спискови слика и табела, као и списак коришћених скраћеница.

Главни део дисертације, обима 124 стране, са 41 сликом и 20 табела, организован је у 7 поглавља која су структурирана тако да омогућавају континуитет како у упознавању са разматраном проблематиком, тако и са методама и резултатима њеног решавања.

У наставку дисертације дат је списак коришћене литературе и референци на 5 страна, са укупно 49 библиографских јединица релевантних за област истраживања и примењене методе решавања.

На крају дисертације, дата је биографија аутора и потписане изјаве о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и начину коришћења докторске дисертације. Према структури, 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

У уводном поглављу је дат приказ мотива за избор области оперативног управљања претоварним системима као теме докторске дисертације. Поред тога, дефинисани су предмет и циљ истраживања, као и организациона структура дисертације.

Садржина другог поглавља дисертације се односи на структурирање процеса планирања и управљања логистичким системима. Како се логистички системи јављају као нераздвојни делови различитих привредних активности, то се процеси њиховог планирања и управљања могу разликовати у зависности од система који опслужују. Из тог разлога у овом поглављу су представљени примери одлука на различитим хијерархијским нивоима планирања и управљања које је потребно донети у два типична логистичка система. Уз то, у овом поглављу су назначене суштинске разлике између процеса планирања и управљања, како у општем случају, тако и у случају планирања и управљања на оперативном нивоу. На крају

поглавља су представљани основни елементи од којих се састоји оперативно управљање претоварним системима и дати су типични проблеми који се јављају у његовој реализацији.

У трећем поглављу фокус је стављен на детаљан опис карактеристика претоварног система који је предмет истраживања, као и на приказ система у којима је, уз мање или веће прилагођавање, могуће применити резултате истраживања ради унапређења управљања. У том смислу, у првом делу поглавља су представљене карактеристике претоварног система чији се циљ функционисања може описати кумулативном циљном функцијом, представљене су претпоставке функционисања система и ближе појашњен појам претоварног система са динамичком појавом задатака. У другом делу поглавља су представљени логистички и други системи у којима је управљање могуће унапредити имплементацијом модела и алгоритама представљених у дисертацији.

Садржина четвртог поглавља се односи на детаљније упознавање са природом посматраног управљачког проблема, као и на расположиве методе за његово решавање. У том смислу, на почетку поглавља је посматрани управљачки проблем сврстан у класу проблема комбинаторне оптимизације и показано је да његова оптимизациона варијанта припада класи NP-hard проблема. Даље су представљена три приступа управљању посматраним претоварним системима. Први приступ обухвата цео плански период и подразумева да се на почетку планског периода, на бази информација о очекиваним временима појаве претоварних задатака, донесе управљачка одлука која се односи на све задатке у планском периоду. Предност овог приступа је што су при доношењу одлуке истовремено обухваћени сви задаци, али је недостатак што број задатака може бити велик, те је, обзиром на NP-hard природу проблема, практично немогуће гарантовати оптимално решење, тј. најбољу управљачку одлуку. Други приступ подразумева да се плански период подели на сегменте мањег трајања, односно мањег броја задатака, чиме се добијају проблеми мањих димензија, а да се затим управљачке одлуке доносе за сваки сегмент планског периода посебно. Предност оваквог приступа је то што се решавањем проблема мањих димензија могу добити оптимална решења за појединачне сегменте, али је мана што је врло мала вероватноћа да је оптимално решење за цео плански период унија оптималних решења сегмената. Трећи приступ, је екстремни случај другог приступа и подразумева да се управљачка одлука о алокацији задатака претоварним средствима доноси сваки пут када се нови задатак појави у систему. Из тог разлога се овакав приступ назива управљање са планским периодом једнаким нули, а у пракси је познат као „диспечирање“. На основу резултата доступних у литератури је показано да је овај приступ инфериоран у односу на претходна два, али да се често користи због једноставности имплементације. Обзиром на могућност да се коришћењем првог приступа донесе оптимална управљачка одлука, у четвртом поглављу су представљени егзактни, апроксимативни и хеуристички алгоритамски приступи који се користе за решавање проблема комбинаторне оптимизације.

У петом поглављу дисертације се прави аналогија проблема који је предмет истраживања и проблема хетерогених путујућих сервисера са временским прозорима – *hetTRPTW* (енгл. *heterogeneous Traveling Repairman Problem with Time Windows*), са циљем да се за доношење управљачке одлуке искористе сва сазнања везана за ефикасно решавање проблема путујућег сервисера – *TRP* (енгл. *Traveling Repairman Problem*). Из тог разлога, у овом поглављу је најпре дат преглед релевантне литературе везане за решавање *TRP*-а и његових сродних и уопштених проблема, након чега је за оптимално решавање проблема представљен математички модел мешовитог целобројног линеарног програмирања. Обзиром на NP-hard природу оптимизационе варијанте *hetTRPTW*-а, као генерализације *TRP*-а, у наставку поглавља су представљени хеуристички алгоритми за решавање *hetTRPTW*-а засновани на метахеуристичком алгоритму претраге променљивих околина – *VNS* (engl. *Variable*

*Neighborhood Search*). Први представљени хеуристички алгоритам претражује околине у складу са VNS алгоритмом, док други узима у обзир релевантне карактеристике посматраног проблема са аспекта времена појаве задатака у систему и у складу са њима не претражује сва решења из дефинисаних околина. На крају поглавља је извршено тестирање предложених модела на нумеричким примерима како би се стекао увид у њихову ефикасност.

У шестом поглављу је приказана могућност примене предложених модела за доношење управљачких одлука на примеру претоварног система за истовар шљунка из потисница, а који је представљен у трећем поглављу као један од логистичких система у којима се резултати истраживања могу користити без икаквих прилагођавања проблему.

На крају, у седмом поглављу су дата закључна разматрања истраживања и правци могућег даљег истраживања везани за разматрану проблематику.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1. Савременост и оригиналност**

Дисертација представља оригинални допринос решавању оперативних управљачких проблема у претоварним системима. Допринос је проистекао из чињенице да је у претоварним системима претоварна средства могуће посматрати као скуп хетерогених путујућих сервисера, а претоварне задатке који се јављају током планског периода, као кварове чије очекивано време појаве је познато пре почетка планског периода. Тако посматрано, решавање претоварних оперативних управљачких одлука се своди на решавање уопштеног проблема путујућег сервисера. На основу тога, оригиналност истраживања спроведеног у дисертацији се огледа у чињеници да резултати и начини истраживања проблема хетерогених путујућих сервисера са временским прозорима до сада нису објављени у расположивој литератури.

Проблем хетерогених путујућих сервисера са временским прозорима није истраживан али остали проблеми настали уопштавањем TRP-а у последњих неколико година у значајној мери ангажују пажњу истраживача, било респектовањем временских прозора, било постојањем флоте хомогених сервисера, све као резултат могућности практичне примене у бројним системима. Отуда је и очигледна савременост истраживања спроведених у овом раду, будући да се ради о још једном уопштењу TRP-а.

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

Дисертација садржи свеобухватни приказ и критички осврт на референтну и коришћену литературу. Обрађено је 49 библиографских јединица релевантних за предмет и циљеве истраживања, као и за примењене технике решавања проблема.

#### **3.3. Опис и адекватност примењених научних метода**

При изради докторске дисертације, поред општих метода научних истраживања, примењене су и методе и технике операционих истраживања адекватне за решавање оптимизационих проблема, какав је и проблем разматран у истраживању. У том смислу, проблем је моделован као задатак мешовитог целобројног линеарног програмирања, при чему је решавање модела реализовано применом софтверског пакета CPLEX 12.2. Поред тога, за решавање проблема је

коришћена метахеуристика претраге променљивих околина која се у пракси показала као врло ефикасна за решавање читавог низа проблема комбинаторне оптимизације. Велики број најбољих решења тестних проблема комбинаторне оптимизације је добијен управо применом ове метахеуристичке методе. У том смислу, изабране и коришћене методе су адекватне и у потпуности одговарају предмету и циљевима истраживања.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

Практична примена модела и алгоритама приказаних у дисертацији се огледа кроз могућност имплементације, у форми система за подршку одлучивању доносиоцима одлуке, у реалним претоварним, али и другим, системима који се карактеришу кумулативном циљном функцијом и својствима наведеним у другом поглављу дисертације. Пример практичне примене остварених резултата истраживања је садржина шестог поглавља где је на примеру управљања радом реалног система презентирана могућност коришћења метода и поступака предложених у дисертацији.

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

На основу изнете анализе докторске дисертације и верификације остварених резултата истраживања, Комисија сматра да је кандидат несумњиво показао способност за самостални научни рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос дисертације се састоји у следећем:

- препознавање потребе за истраживањем проблема оперативног управљања претоварним системима са кумулативном циљном функцијом и динамичком појавом задатака;
- идентификација истраживаног проблема као уопштеног теоријског проблема путујућег сервисера и концизни преглед релевантне литературе у којој се разматра класа проблема са кумулативном циљном функцијом;
- развој математичког модела за оптимално решавање проблема хетерогених путујућих сервисера са временским прозорима
- развој два хеуристичка алгорита за решавање проблема хетерогених путујућих сервисера са временским прозорима чије димензије одговарају димензијама практичних проблема оперативног управљања претоварним системима.
- демонстрација примене предложених модела и алгоритама на примеру оперативног управљања реалним претоварним системом, што указује на практичну применљивост модела

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу поређења изложених доприноса остварених у реализацији истраживања и циља дисертације Комисија је мишљења да остварени доприноси у потпуности задовољавају постављени циљ. Предложени математички модел мешовитог целобројног линеарног

програмирања омогућава добијање оптималних управљачких одлука за проблеме мањих димензија, при чему сваки напредак у развоју алгоритама за решавање проблема мешовитог целобројног линеарног програмирања и његова имплементација у софтверске пакете, као и развој рачунарске технологије у будућности, омогућава решавање све ширег спектра проблема за које се гарантује добијање оптималних управљачких одлука.

Са друге стране, за проблеме већих димензија, предложени су хеуристички алгоритми базирани на метахеуристичком алгоритму који се у решавању великог броја проблема комбинаторне оптимизације показао као врло ефикасан како са аспекта квалитета решења, тако и са аспекта времена реализације алгоритма.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Резултате истраживања у оквиру докторске дисертације кандидат је објављивао и саопштавао и то:

##### Категорија M21

**Bjelić, N.,** Vidović, M., Popović, D., Variable neighborhood search algorithm for heterogeneous traveling repairmen problem with time windows. *Expert Systems with Applications*, ISSN: 0957-4174 ,Volume 40, Issue 15, pp. 5997-6006, 2013, (IF2013=1.965)

##### Категорија M53

**Bjelić, N.,** Vidović, M., Ratković, B., Variable Neighborhood Search Algorithm For Gravel Unloading Devices Allocation Problem *The International Journal of TRANSPORT & LOGISTICS*, ISSN 1451-107X, Volume 13., Issue 26, 2013, <http://www.sjf.tuke.sk/transportlogistics/wp-content/uploads/2.Bjeli%C4%8D-Nenad.pdf>

##### Категорија M33

**Bjelić N.,** Vidović M., Vukadinović K., Allocation of handling devices for barges unloading, *The 2010 International Conference on Logistics and Maritime Systems*, 15.-17. September 2010, Busan, Korea, pp. 205-211,

**Bjelić N.,** Vidović M., Miljuš M. Dispatching of Movable Handling Devices, *Quantitative methods in economics: Multiple Criteria Decision Making XV*, 6-8 October, 2010, Smolenice , Slovakia, pp. 5-14., ISBN 978-80-8078-364-8,

##### Категорија M63

**Bjelić N.,** Vidović M., Dinamička alokacija jedne klase pretovarnih sredstava primenom dispečiranja, *Zbornik radova: SYM-OP-IS 2009*, Ivanjica, Srbija, 2009., str 325-328, ISBN 978-86-80953-43-4

**Bjelić N.,** Vidović M., Miljuš M., Two mathematical models of the Handling Devices Allocation Problem, *Zbornik radova XXXVII simpozijuma o operacionim istraživanjima - SYMOPIS 2010*, Tara 21. – 24. septembar 2010, str 349-352, ISBN 978-86-335-0299-3

**Bjelić N.,** Vidović M., Memetic algorithm for Dynamic Handling Device Allocation Problem, *Zbornik radova XXXVIII simpozijuma o operacionim istraživanjima - SYMOPIS 2011*, 4.-7. oktobar 2011, Zlatibor, Srbija, str.359.-362., ISBN: 978-86-403-1168-7

**Bjelić, N.,** Vidović, M., Popović, D., Ratković B., 2013. Rešavanje problema putujućeg serviser sa vremenskim prozorima primenom genetskog algoritma. *Zbornik radova XL simpozijuma o operacionim istraživanjima - SYMOPIS 2013*, Zlatibor, Srbija, str 509-514, ISBN 978-86-7680-286-9.

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Имајући у виду примењене научне методе, обим и квалитет истраживања, развијене моделе и добијене резултате, Комисија закључује да докторска дисертација кандидата мр Ненада Бјелића, дипл. инж. саобраћаја, представља оригинални научни допринос у области формулације проблема са кумулативном циљном функцијом као и у области управљања претоварним системима.

Комисија такође закључује да је кандидат мр Ненад Бјелић, дипл. инж. саобраћаја, показао способност за самосталан научно-истраживачки рад и да дисертација садржи све потребне елементе који задовољавају услове предвиђене Статутом Универзитета у Београду и Статутом Саобраћајног факултета за стицање научног звања Доктора техничких наука.

На основу свега претходно исказаног Комисија има част и велико задовољство да Наставно-научном већу Саобраћајног факултета предложи да се докторска дисертација под називом **“Модели за оперативно управљање једном класом претоварних средстава у условима динамичке појаве задатака”** кандидата мр Ненада Бјелића, дипл. инж. саобраћаја, прихвати, изложи на увид јавности и упуту на усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

### Комисија:

---

**Др Милорад Видовић**, редовни професор  
*Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет*

---

**Др Катарина Вукадиновић**, редовни професор  
*Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет*

---

**Др Ненад Младеновић**, научни саветник  
*Математички институт Српске академије наука и уметности*