

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
САОБРАЋАЈНИ ФАКУЛТЕТ  
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

*Предмет:* Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње мр Драгане Дреновац, дипл. инж. саобраћаја

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Саобраћајног факултета бр. 423/3 од 3.6.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње мр Драгане Дреновац, дипл. инж. саобраћаја, под насловом

**„Распоређивање ресурса на планиране активности у саобраћајној и транспортној пракси применом метахеуристичких алгоритама“**

Након прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

**РЕФЕРАТ**

**1. УВОД**

1.1.Хронологија

7.7.2010. године кандидаткиња мр Драгана Дреновац одбранила је на Универзитету у Београду - Саобраћајном факултету магистарску тезу под називом "Распоређивање ресурса на планиране активности применом Оптимизације колонијом пчела".

14.6.2012. године кандидаткиња је Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета поднела пријаву теме докторске дисертације (бр. 408/1), уз захтев да се спроведе поступак за оцену подобности кандидата и предложене теме.

20.6.2012. године одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета (бр. 408/3) формирана је Комисија за оцену подобности кандидата и теме докторске дисертације.

12.9.2012. године одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета (бр. 408/5) позитивно је оцењена научна заснованост и подобност кандидаткиње мр Драгане Дреновац, дипл. инж. саобраћаја и прихваћена тема за израду докторске дисертације под називом „Распоређивање ресурса на планиране активности у саобраћајној и транспортној пракси применом метахеуристичких алгоритама".

22.10.2012. године одлуком број 06-20782/26-12 Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације мр Драгане Дреновац.

12.9.2017. године одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета (бр. 888/2) мр Драгани Дреновац дата је сагласност за продужење рока за израду и одбрану докторске дисертације у периоду од једне године.

16.10.2018. године одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета (бр. 987/2) мр Драгани Дреновац дата је сагласност за продужење рока за израду и одбрану докторске дисертације у периоду од једне године.

22.10.2019. године одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета (бр. 921/2) мр Драгани Дреновац дата је сагласност за продужење рока за израду и одбрану докторске дисертације у периоду од једне године.

21.5.2020. године кандидаткиња мр Драгана Дреновац, дипл. инж. саобраћаја, предала је неукоричени примерак докторске дисертације и поднела захтев Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета за почетак поступка оцене и одбране (бр. 423/1).

25.5.2020. године на електронској седници Наставно-научног већа Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета донета је одлука (бр. 423/3) о формирању Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње мр Драгане Дреновац, дипл. инж. саобраћаја.

## 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом „Распоређивање ресурса на планиране активности у саобраћајној и транспортној пракси применом метахеуристичких алгоритама“ припада научној области техничко технолошких наука, подручје „Саобраћајно инжењерство“, ужој научној области „Операциона истраживања у саобраћају“, за коју је матичан Универзитет у Београду - Саобраћајни факултет.

Ментор, др Јован Поповић, редовни професор Саобраћајног факултета, бави се научно-истраживачким радом из наведене области. Као аутор или коаутор објавио је 5 научних радова у међународним часописима са SCI листе, 2 рада у међународним часописима и 3 рада на међународним конференцијама и симпозијумима. Учествовао је као коаутор у изради више студија и пројеката Института Саобраћајног факултета. Аутор је монографије *Бајесовски приступ и примери коришћења*, а један је од коаутора уџбеника *Математичка статистика и Збирка решених задатака из математичке статистике*.

### 1.3. Биографски подаци о кандидаткињи

Драгана Дреновац је рођена 18.12.1974. године у Крушевцу, где је завршила гимназију, математичко-програмерски смер. Дипломирала је на Универзитету у Београду - Саобраћајном факултету 20.7.2001. године на одсеку за ПТТ саобраћај на дипломском раду под називом „Рутирање и додела таласних дужина у WDM оптичким мрежама“ и просечном оценом током студија 8,68.

Последипломске студије на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду, смер Поштански и телекомуникациони саобраћај, уписала је 2001. године и положила је све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 10. Магистарску тезу под називом „Распоређивање ресурса на планиране активности применом Оптимизације колонијом пчела“ одбранила је на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду 7.7.2010. чиме је стекла звање магистра техничких наука.

Од фебруара 2004. до априла 2005. била је хонорарно ангажована на извођењу вежби из предмета „Вероватноћа и статистика“ и „Операциона истраживања“ на Универзитету у Београду - Саобраћајном факултету. Од априла 2005. године запослена је на Саобраћајном факултету у звањима асистента-приправника и асистента за предмете „Вероватноћа и статистика“ (до школске 2016/2017.) и „Операциона истраживања“. Школске 2008/09. била је ангажована на извођењу вежби из предмета „Лучки оптимизациони модели“. Од школске 2009/10. ангажована је на извођењу вежби из предмета са програма Мастер студија „Сложени задаци линеарног и целобројног програмирања са применама у саобраћају“. Од школске 2009/10. до школске 2014/15. била је ангажована на извођењу вежби из предмета са програма Мастер студија „Детерминистички модели операционих истраживања“, „Квантитативне менаџмент методе у транспорту и комуникацијама“.

Драгана Дреновац је у току досадашњег рада као аутор или коаутор учествовала у објављивању једног рада у часопису са SCI листе, једног рада у међународном и једног домаћем часопису, 11 радова на међународним и 18 радова на домаћим конференцијама и скуповима. Поред тога, учествовала је и у изради 4 научно-истраживачка и стручна пројекта.

Од 1. до 6. јуна 2009. године похађала је курс под називом „Intermodality and Externalities in Transportation Policy and Planning“ у оквиру Helsinki Summer School in Transportation који је организовао Helsinki University of Technology. Од 23. до 30. септембра 2010. године похађала је семинар „Chaos, Expansions and Ito Calculus“ који је организовао Департман за математику и информатику Природно - математичког факултета Универзитета у Новом Саду. Од 4. до 7. јуна 2015. године похађала је курс „Existential Polytime and Polyhedral Combinatorics“ који је организовао Математички институт САНУ у Београду, на којем је предавања држао професор Jack Edmonds.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација мр Драгане Дреновац, дипл. инж. саобраћаја, написана је у складу са „Упутством о облику и садржају докторске дисертације која се брани на Универзитету у Београду“. Дисертација је написана ћириличним писмом, укупног обима 122 стране, са 16 слика, 14 табела и два прилога. На почетку дисертације дат је резиме на српском и енглеском језику са кључним речима, а затим садржај дисертације, списак слика и табела, као и списак коришћених скраћеница.

Докторска дисертација је структурно конципирана кроз шест поглавља, под следећим насловима:

1. Увод
2. Распоређивање ресурса у саобраћају и транспорту
3. Опис примењених метода
4. Проблем распоређивања возила за сакупљање производа чији квалитет временом опада
5. Балансирано распоређивање ресурса
6. Закључак.

У наставку дисертације дат је списак коришћене литературе и референци са укупно 142 библиографске јединице које су коришћене при изради докторске дисертације, као и два прилога. 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 дат је приказ мотива за избор области оперативног управљања ланцима снабдевања производима чији квалитет временом опада, као и балансиране употребе ресурса у овим ланцима снабдевања као теме докторске дисертације. Поред тога, дефинисани су предмет и циљ истраживања, као и организациона структура дисертације.

Друго поглавље бави се значајем планирања и доношења одлука, као и нивоима планирања у односу на временски период, уз примере задатака који у њима могу да се јаве. Дата је категоризација проблема распоређивања ресурса на основу радног окружења, карактеристика посла, као и мера перформанси. Назначена је важност проблема распоређивања транспортних ресурса као сложених проблема оптимизације, уз навођење оних који се у пракси најчешће јављају, а то су проблеми распоређивања возила на задатке (Vehicle Scheduling Problems - VSPs) и

проблеми одређивања рута возила (Vehicle Routing Problems - VRPs). Затим су представљени проблеми који се решавају у овој тези, а који спадају у задатке распоређивања ресурса. Такође, у овом делу уводи се и принцип равноправности приликом распоређивања ресурса. Завршни део овог поглавља посвећен је разматрању значаја система за помоћ у доношењу одлука (Decision Support System) при чему је указано да развијени модели могу да послуже као основа у развоју једног таквог система.

У трећем поглављу дат је опис примењених метода. Објашњен је појам оптимизације, дата је класификација оптимизационих модела и наведене су оптимизационе методе, са нагласком на метахеуристичке алгоритме као моћно средство за решавање комплексних проблема. Наведене су и различите поделе метахеуристичких алгоритама. Детаљније су приказана два метахеуристичка алгоритама, симулирано каљење (Simulated Annealing) и метода променљивих околина (Variable Neighborhood Search), као методе примењене на проблеме који су решавани у овој тези. На крају, пажња је посвећена симулацији дискретних догађаја (Discrete Event Simulation) коришћеној у развоју симулационог модела процеса сакупљања.

У четвртом поглављу је, уз преглед релевантне литературе, описан процес сакупљања производа чији квалитет временом опада. Затим је дефинисан проблем распоређивања возила за сакупљање производа чији квалитет временом опада, формулисан на начин да обезбеди максимизацију квалитета сакупљених производа уз истовремену минимизацију броја ангажованих возила. Проблем је формулисан коришћењем две математичке формулације, нелинеарне (MINLP) и линеарне (BILP) засноване на апроксимацији која подразумева дискретизацију времена. Описан је развој SA алгоритама, а потом и развој симулационог модела процеса сакупљања коришћеног за оцењивање стварних времена активности у ланцу снабдевања које су стохастичког карактера. Повезивање SA алгоритама и симулационог модела је такво да, осим у првој примени, када је за оцену трајања појединих активности коришћен G/G/c систем масовног опслуживања, SA алгоритама за ново распоређивање возила увек користи и један скуп података добијених симулацијом текућег распореда возила. Поред детерминистичког распоређивања возила приликом прве примене SA алгоритама, наизменична примена SA алгоритама и симулационог модела представља оквир за динамичко и стохастичко распоређивање возила, који је примењен на процес сакупљања шећерне репе, након чега су дати резултати тестирања овог приступа.

Петом поглављу обрађује балансирано распоређивање ресурса у транспорту. У првом делу разматра се принцип правичности и указује на његов значај у распоређивању ресурса и наводе се најчешће мере неједнакости, као и примери балансирања у VRP проблемима.

У другом делу петог поглавља, посматран је процес сакупљања шећерне репе, али уз поштовање принципа правичности у третирању пољопривредника током

планског периода. За решавање проблема распоређивања возила за сакупљање шећерне репе, уз правично третирање пољопривредника, примењена је модификована верзија оптимizacionог и хеуристичког модела развијеног у четвртном поглављу, прилагођених специфичностима нових захтева. Потом су приказани резултати тестирања формулисаног модела и метахеуристичког приступа за различите вредности параметра балансирања.

Трећи део петог поглавља посвећен је оптимизацији величине возног парка уважавајући принцип правичности. Уз одређивање што мањег броја возила потребних за сакупљање, уведен је и услов да радно оптерећење возила буде уравнотежено унутар дефинисаног опсега. Сама минимизација броја возила моделована је као проблем једнодимензионог паковања, док је принцип правичности моделован додатним ограничењима. Такође, представљен је и двофазни алгоритам за решавање проблема, заснован на VNS методи. Утицај ефеката балансирања оптерећења возила на величину возног парка тестиран је примерима сакупљања шећерне репе, премда је, у суштини, сам проблем општег карактера.

Шесто поглавље садржи закључна разматрања и правце даљег истраживања.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

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

Дисертација представља оригинални допринос решавању оперативних проблема управљања ланцима снабдевања производима чији квалитет временом опада.

Повећање ефикасности процеса сакупљања и транспорта, као циљ управљања којим се обезбеђује највећи могући квалитет производа, може се, како је показано, постићи оптималним распоређивањем возила за сакупљање на радне задатке. Пошто су у реалности транспортне активности стохастичког карактера, коришћење предложеног хибридног оптимizacionог и симулационог приступа, показао се као адекватан метод којим се успешно респектује случајна природа процеса у ланцима снабдевања овог типа. Тиме је, у овој дисертацији предложен оквир у којем се оптимални распоред возила за сакупљање, применом симулације у итеративном поступку постепено приближава карактеристикама транспортних процеса у реалном систему.

Одлике добрих логистичких одлука су, поред смањења трошкова и повећања квалитета сакупљених производа, и принципи правичности. Укључивање мера равноправности у оперативно решавање распоређивања возила за сакупљање је још један допринос ове дисертације. У првом случају равноправност се посматрала кроз отклањање привилегованости произвођача, док је у другом случају, и то приликом оптимизације величине возног парка, правичност подразумевала избалансирано радно оптерећење возила.

Оригиналност истраживања спроведеног у дисертацији се огледа у чињеници да резултати и начини истраживања распоређивања возила за сакупљање производа чији квалитет временом опада до сада нису били присутни у расположивој литератури. Предмет истраживања присутних у литератури углавном су се односили на поједине аспекте овде разматраног проблема. У литератури су се проблеми из домена ланца снабдевања робом која временом губи квалитет односили углавном на управљање залихама, али не и на проблеме обухваћене овом дисертацијом. Исто тако, оригиналност овог рада огледа се и у решавању проблема рутирања и распоређивања возила са вишеструким обиласцима, као и у моделирању концепта правичности и балансиране употреба ресурса у транспортним и логистичким системима.

Савременост истраживања и оригиналност резултата верификована је и публиковањем дела резултата овог истраживања у престижном међународном часопису.

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Дисертација садржи свеобухватни приказ и критички осврт на референтну и коришћену литературу. Обрађене су 142 библиографске јединице релевантне за предмет и циљеве истраживања, као и за примењене технике решавања проблема.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Приликом израде докторске дисертације коришћене су опште научне методе истраживања, као и методе операционих истраживања које одговарају оптимизационом проблему разматраном у овом истраживању.

За формулисање проблема коришћени су модели мешовитог целобројног нелинеарног програмирања и бинарног целобројног програмирања. За решавање модела коришћени су софтверски пакет CPLEX 12.2., као и метахеуристике симулирано каљење и метода променљивих околина. Симулациони модел развијен је у објектно оријентисаном интегрисаном симулационом софтверском пакету FLEXSIM, а за имплементацију метахеуристике развијени су програмски кодови у програмском језику MATLAB 7.6.

Узимајући у обзир природу проблема и остварене резултате, изабране и коришћене методе у потпуности одговарају предмету и циљевима истраживања.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

Практична примена модела и алгоритама приказаних у дисертацији лежи у могућој имплементацији у виду система за помоћ у доношењу одлука у реалним ланцима снабдевања производима чији квалитет временом опада, као и у ситуацијама када је потребно правично и избалансирано употребити транспортне ресурсе.

Практична примена остварених резултата истраживања у дисертацији је показана на примерима распоређивања возила у реалном процесу сакупљања шећерне репе. Уз то је, такође кроз примере сакупљања шећерне репе, приказана и могућност примене метода и поступака предложених у дисертацији за увођење принципа правичности приликом распоређивања транспортних ресурса.

### 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 кандидаткиња несумњиво показала способност за самостални научни рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос дисертације се састоји у следећем:

- препознавање истраживаног проблема као проблема распоређивања пуних возила са вишеструким обиласцима приликом сакупљања производа чији квалитет опада током времена и концизни преглед релевантне литературе у којој се разматрају проблеми временског распоређивања возила и проблеми рутирања возила са вишеструким обиласцима
- препознавање потребе за проучавањем проблема балансиране употребе ресурса и концизни преглед релевантне литературе у којој су разматране и примењене различите мере једнакости приликом распоређивања транспортних ресурса
- развој математичких модела за оптимално решавање проблема распоређивања возила за сакупљање производа чији квалитет временом опада, као и развој одговарајућих ограничења која у моделима приморавају на балансирано распоређивање ресурса
- развој два метахеуристичка алгорита за решавање проблема распоређивања возила за сакупљање, у условима балансиране употребе ресурса или без њих, чије димензије одговарају димензијама практичних проблема оперативног управљања процесом сакупљања и транспорта таквих производа
- приказ примене предложених модела и алгорита на примеру оперативног управљања реалним процесом сакупљања шећерне репе, 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.

За проблеме мањих димензија, предложеним математичким моделима бинарног целобројног линеарног програмирања постижу се оптималне управљачке одлуке



или веома блиске оптималним. Са друге стране, за проблеме већих димензија предложени су метахеуристички алгоритми који су се показали као врло ефикасни у решавању великог броја проблема оптимизације дајући квалитетна решења у разумном времену.

Увођење оквира за стохастичко и динамичко распоређивање ресурса, у којем се наизменично врше хеуристичка оптимизација и симулација, побољшава управљачке одлуке које се постижу решавањем детерминистичког модела.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси дисертације су верификовани објављивањем следећих радова:

Категорија М21

Drenovac, D., Vidović, M., Bjelić, N. (2020). Optimization And Simulation Approach To Optimal Scheduling Of Deteriorating Goods Collection Vehicles Respecting Stochastic Service And Transport Times. Simulation Modelling Practice and Theory. doi:10.1016/j.simpat.2020.102097

Категорија М33

Vidović, M., Drenovac, D. (2019) Framework for simulation analysis of priority queues strategies in deteriorating goods supply 4th Logistic International Conference LOGIC, Belgrade, Serbia, pp.63-72

Vidović, M., Drenovac, D., (2017) Optimization of fleet size with balanced use of vehicles: case of sugar beet transportation, 3th Logistic International Conference LOGIC, Belgrade, Serbia, pp.25-30

Категорија М63

Дреновац, Д., Видовић, М. (2017) Оптимално распоређивање возила за превоз шећерне репе. XLIV Симпозијум о операционим истраживањима СИМ-ОП-ИС, Златибор, Србија, стр. 283-288

Дреновац, Д., Видовић, М. (2016) Оптимизација процеса транспорта шећерне репе до шећеране, XLIII Симпозијум о операционим истраживањима СИМ-ОП-ИС Тара, Србија, стр. 319-322

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Имајући у виду примењене научне методе, обим и квалитет истраживања, развијене моделе и добијене резултате, Комисија закључује да докторска дисертација кандидаткиње мр Драгане Дреновац, дипл. инж. саобраћаја, представља оригинални научни допринос у области формулације проблема распоређивања транспортних ресурса на задатке приликом сакупљања производа чији квалитет временом опада, као и у области управљања процесима сакупљања и транспорта у оквиру ланаца снабдевања таквим производима. Оригинални научни допринос представља и формулација проблема балансираног распоређивања транспортних ресурса. Комисија такође закључује да је кандидаткиња мр Драгана Дреновац, дипл. инж. саобраћаја, показала 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 **„Распоређивање ресурса на планиране активности у саобраћајној и транспортној пракси применом метахеуристичких алгоритама“** кандидаткиње мр Драгане Дреновац, дипл. инж. саобраћаја, прихвати, изложи на увид јавности и упути на усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 10.06.2020.

### Комисија:

---

**Др Јован Поповић**, редовни професор  
*Универзитет у Београду Саобраћајни факултет*

---

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

---

**Др Небојша Гвозденовић**, редовни професор  
*Универзитет у Новом Саду Економски факултет у  
Суботици*