

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Бисере Андрић Гушавац**.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета организационих наука **05-01 бр. 3/16-3** од **26.02.2020.** године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Бисере Андрић Гушавац** под насловом:

„ОПТИМИЗАЦИЈА РУТА У ТРЕТИРАЊУ ПОЉОПРИВРЕДНОГ ЗЕМЉИШТА“

Након прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала, као и разговора са кандидатом, Комисија подноси следећи:

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Бисера Андрић Гушавац је **2010/2011 школске године** уписала докторске академске студије на Факултету организационих наука, студијски програм Информациони системи и квантитативни менаџмент, изборно подручје Операциона истраживања. Положила је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија, са просечном оценом 10 (десет) и на тај начин стекла право израде приступног рада.

Наставно-научно веће Универзитета у Београду, Факултета организационих наука је именovalo Комисију за преглед и оцену научне заснованости приступног рада и теме докторске дисертације **29.05.2019.** године, одлуком **05-01 бр. 3/74-3**. Кандидат Бисера Андрић Гушавац је **02.10.2019.** године одбранила приступни рад под називом „Оптимизација рута у третирању пољопривредног земљишта“, под менторством др Милана Мартића, редовног професора, Универзитета у Београду Факултета организационих наука. Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације усвојен је на Наставно-научном већу **20.11.2019.** године, одлуком **05-01 бр. 3/146-3**. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној **23.12.2019.** године, одлуком **02 број: 61206-5174/2-19**, одобрило је израду предложене докторске дисертације под насловом „Оптимизација рута у третирању пољопривредног земљишта“, а за ментора је именован др Милан Мартић, редовни професор Универзитета у Београду Факултет организационих наука. Наставно-научно веће Факултета организационих наука је на седници одржаној **25.12.2019.** године одлуком **05-01 бр. 3/158-5** одобрило израду докторске дисертације и одобрено је именовање ментора проф. др Милана Мартића. Ментор проф. др Милан Мартић је **19.02.2020.** године известио Наставно-научно веће Факултета организационих наука да је кандидат Бисера Андрић Гушавац завршила израду докторске дисертације, а Наставно-научно веће Факултета организационих наука је на седници одржаној **26.02.2020.** године (Одлука **05-01 бр. 3/16-3** од **26.02.2020.** године),

именовало Комисију за преглед, оцену и одбрану завршене докторске дисертације, у саставу:

1. **др Милан Мартић**, редовни професор Универзитета у Београду, Факултет организационих наука, ментор;
2. **др Гордана Савић**, ванредни професор Универзитета у Београду, Факултет организационих наука, члан;
3. **др Радојка Малетић**, редовни професор Универзитета у Београду, Пољопривредни факултет, спољни члан.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „Оптимизација рута у третирању пољопривредног земљишта“ припада научној области техничких наука, подручју организационих наука, ужој научној области Операциона истраживања. Ментор дисертације др Милан Мартић, је редовни професор Универзитета у Београду, Факултета организационих наука.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Бисера Андрић Гушавац рођена је 17.05.1977. године у Београду. Основну и средњу школу завршила је у Београду.

Образовање:

Факултет организационих наука уписала је 1997. године. Дипломирала је 2003. године на одсеку за Индустијско инжењерство са средњом оценом 8.38. Дипломски рад на тему „Примена линеарног програмирања на одређивање оптималног асортимана производње у хемијској индустрији“ одбранила је под менторством проф. др Милана Мартића, са оценом 10.

Бисера Андрић Гушавац је као стипендиста француске владе, од 2003. до 2005. године похађала Специјализован мастер Индустијског инжењерства у организацији престижног француског факултета *École Centrale Paris*, на француском језику. Ове студије је завршила специјалистичким радом „Управљање залихама сировина у предузећу Политика а.д.“ (на француском и српском језику) са оценом 17,00/20,00.

Након тога, 2005. године уписује магистарске студије на Факултету организационих наука, а 2010. године се пребацује на докторске студије, студијски програм Информациони системи и квантитативни менаџмент, изборно подручје Операциона истраживања. На докторским академским студијама положила је све испите са просечном оценом 10 (десет), а након тога је пријавила тему приступног рада „Оптимизација рута у третирању пољопривредног земљишта“. Кандидат је одбранила приступни рад 02.10.2019. и остварила 30 ЕСПБ бодова, а укупно је остварила 120 ЕСПБ бодова.

Педагошко, професионално и истраживачко искуство:

Бисера Андрић Гушавац је почела да ради 19.11.2003. године на Факултету организационих наука у Лабораторији за операциона истраживања „Јован Петрић“ као демонстратор на предмету Операциона истраживања, а касније је као стручни сарадник држала вежбе и лабораторијске вежбе из предмета Операциона истраживања 1 и Операциона истраживања 2. Први пут је бирана у звање асистента 1. фебруара 2011., а други пут 1. фебруара 2015. године. Активно је, заједно са предметним професорима, учествовала у развоју програма новог изборног предмета на основним академским студијама Оптимизација коришћења природних ресурса, а укључена је у наставу предмета Пословна аналитика и оптимизација на Мастер студијама. Учествује у

реализацији наставе на предмету Методе предвиђања и одлучивања на мастер студијама Рачунарство у друштвеним наукама на Универзитету у Београду, које су развијене као резултат Темпус пројекта *INCOMING*.

Била је члан Организационих одбора и технички секретар на следећим домаћим и међународним симпозијумима:

- X међународни симпозијум Факултета организационих наука SymOrg, Златибор 2006. године.
- XXXIV Симпозијум о операционим истраживањима SymOpIs, Београд - Златибор 2007.
- Балканска конференција о операционим истраживањима BALCOR, Београд - Златибор 2007.
- XL Симпозијум о операционим истраживањима SymOpIs 2013, Београд - Златибор 2013.
- XI Балканска конференција о операционим истраживањима, BALCOR 2013, Београд - Златибор 2013.
- XVI међународни симпозијум Факултета организационих наука SymOrg, Златибор 2016.
- XIII Балканска конференција о операционим истраживањима, BALCOR 2018, Београд 2018.
- XLVI Симпозијум о операционим истраживањима SymOpIs 2019, Кладово 2019.

У студентским анкетама за вредновање педагошког рада сарадника Бисера Андрић Гушавац сваке школске године је оцењена високим оценама (у 2015. години је награђена као један од пет најбоље оцењених асистената - просечне оцене 4,93/5,00 и 4,86/5,00).

Учествовала је у реализацији следећих научноистраживачких и стручних пројеката:

- Пешаљевић М., Сукновић М., Трајковић А., Андрић Б. и други: „Увођење система менаџмента квалитета у Политику а.д., Факултет организационих наука, Београд, 2010.
- Пројекат МНТР број 13016 „Напредно планирање и распоређивање”, 2008 -2010.
- Темпус пројекат INCOMING (Interdisciplinary Curricula in Computing to Meet Labor Market Needs), број пројекта 530155-TEMPUS-1-2012-1-EE-TEMPUS-JPCR, 2014-2015.
- Distribution Network Optimization, Support to SME Development in Serbia Fund of the European Union Contract Number C31178/ECBS-2014-08-09/02, 2014-2015.

Области научно-истраживачког рада и интересовања кандидата су: операциона истраживања, квантитативне методе у менаџменту, математичко моделирање. До сада је, у сарадњи са другим ауторима, објавила 38 радова на домаћим и међународним конференцијама као и 9 радова у научним часописима од међународног и националног значаја.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Бисере Андрић Гушавац под насловом „Оптимизација рута у третирању пољопривредног земљишта“ састоји се из шест тематских поглавља и целина, након којих следи списак литературе коришћене током

израде дисертације. Дисертација садржи и три прилога. Написана је на 169 страна и садржи 10 слика, 36 табела и два графика. Дисертација је структурирана на следећи начин:

1. УВОД

- 1.1. Предмет и циљ истраживања
- 1.2. Полазне хипотезе
- 1.3. Методе истраживања
- 1.4. Научни доприноси истраживања
- 1.5. Структура рада

2. ОПТИМИЗАЦИОНИ ПРОБЛЕМИ ТРЕТИРАЊА ПОЉОПРИВРЕДНОГ ЗЕМЉИШТА - ПРЕГЛЕД СТАЊА

- 2.1. Проблеми везани за обраду и начин обраде пољопривредног земљишта
- 2.2. Проблеми везани за заштиту животне средине и здравља људи
- 2.3. Проблеми везани за наводњавање
- 2.4. Проблеми везани за ланце снабдевања у пољопривреди
- 2.5. Проблем рутирања у области пољопривреде
- 2.6. Проблеми локације у области пољопривреде
- 2.7. Остале примене
- 2.8. Преглед стања у области у Републици Србији

3. ПРОБЛЕМИ РУТИРАЊА

- 3.1. Формулација основног ВРП модела
- 3.2. Проширења ВРП модела
- 3.3. Проблеми локације и рутирања
- 3.4. Приступи решавању проблема рутирања
 - 3.4.1. Егзактне методе
 - 3.4.2. Апроксимативни алгоритми
 - 3.4.3. Хеуристичке методе

4. ДЕА МЕТОДА - ОСНОВНИ КОНЦЕПТИ И МОДЕЛИ

- 4.1. ДЕА модели
 - 4.1.1. Основни ДЕА модел
- 4.2. Имплементација ДЕА методе

5. ОПТИМИЗАЦИЈА РУТА У ТРЕТИРАЊУ ПОЉОПРИВРЕДНОГ ЗЕМЉИШТА

- 5.1. Опис проблема обраде пољопривредног земљишта коришћењем пољопривредне авијације
- 5.2. Графовски приказ проблема
- 5.3. Специјална хеуристика за генерисање рута при третирању пољопривредног земљишта
- 5.4. Нумерички експерименти са реалним подацима
 - 5.4.1. Анализа утицаја оптимизације рута на смањење емисије штетних гасова
- 5.5. Примена ДЕА методе за избор ефикасних рута
 - 5.5.1. Поређење више планова обраде истог проблема
 - 5.5.2. Поређење рута у оквиру једног плана обраде

6. ЗАКЉУЧАК

- 6.1. Доприноси и хипотезе истраживања
- 6.2. Правци будућих истраживања

ЛИТЕРАТУРА

Биографија и библиографија

Прилог 1

Прилог 2

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У **уводном, првом поглављу** докторске дисертације описан је предмет и циљ истраживања докторске дисертације. Након тога постављене су општа и посебне хипотезе које ће се у дисертацији потврдити или оборити. На крају првог поглавља представљене су методе истраживања као и структура рада, у оквиру кога су укратко описана сва поглавља дисертације.

Опсежан преглед стања у области - оптимизациони проблеми код третирања пољопривредног земљишта дат је у оквиру **другог поглавља**. С обзиром на велики број радова који се тичу примене метода и техника операционих истраживања у области пољопривреде, радови су систематизовани у шест група у складу са проблемом који се у раду обрађује (проблеми обраде и начина обраде пољопривредног земљишта, проблеми везани за живону средину, проблеми везани за наводњавање, проблеми везани за ланце снабдевања, проблеми локације и рутирања у области пољопривреде). У оквиру овог поглавља дат је и преглед радова за сваку од посматраних области, а за сваки рад дат је опис проблема који се анализира у раду, као и тип модела и приступ решавању дефинисаном проблему. У оквиру овог поглавља дат је и преглед стања у области у Републици Србији.

У **трећем поглављу** дате су теоријске основе основног модела проблема рутирања и основе изабраних проширења овог модела. Описани су и проблеми локације и рутирања, који подразумевају да се паралелно са избором оптималне локације разматрају и руте којима возила обилазе кориснике. На крају поглавља приказани су и основни приступи решавању датих проблема (егзактне и хеуристичке методе, апроксимативни алгоритми).

У оквиру **поглавља 4.** дати су основни концепти мерења ефикасности као и приказ методе за оцену ефикасности реалних система који користе више улаза за производњу више разнородних излаза. Непараметарска метода која је креирана за оцену ефикасности непрофитних система и јединица одлучивања је анализа обавијања података – ДЕА (DEA - *Data Envelopment Analysis*). Теоретска основа и излазно оријентисани ДЕА модели линеарног програмирања су детаљно приказани. Једна од основних предности ДЕА методе је могућност одређивања циљаних вредности улаза и излаза што је приказано у овом поглављу. На крају овог поглавља укратко су дати кораци које је неопходно спровести у процедури оцене ефикасности применом ДЕА методе.

Пето поглавље представља срж докторске дисертације. У овом поглављу детаљно је описан реалан оптимизациони проблем обраде пољопривредног земљишта коришћењем пољопривредне авијације. Егзактно решавање проблема могуће је само за мале димензије, тако да је у дисертацији формулисана и приказана специјална хеуристика за решавање проблема обраде пољопривредног земљишта коришћењем пољопривредне авијације, поштујући при томе својства и специфичности овог проблема. Представљена хеуристика је модификација добро познатог Кларк-Рајтовог

алгоритма (Clarke и Wright, 1964) и прилагођена је описаном проблему. Решења – планови обраде добијена хеуристиком су приказана у оквиру подпоглавља Нумерички експерименти са реалним подацима (подпоглавље 5.4.). Применом решења добијених хеуристиком постиже се директна еколошка корист која се манифестује уштедама у емисији карбон диоксида, т.ј. смањењу карбонског отиска. Смањење емисије штетних гасова које се постиже оптимизацијом коришћења авијације у третирању пољопривредног земљишта приказано је у подпоглављу 5.4.

У подпоглављу 5.5. дата је примена ДЕА методе код проблема третирања пољопривредног земљишта. ДЕА метода је прво примењена за избор ефикасних планова обраде (скупа рута којима се третира једно пољопривредно земљиште) постављеног проблема, а затим је коришћена за избор ефикасних рута у оквиру једног плана обраде постављеног проблема. Применом ДЕА методе обезбеђено је добијање ефикасних планова обраде и ефикасних рута које се примењују у пракси, а значајно је и да је извршена анализа на које излазе и улазе (и у којој мери) је могуће утицати (повећати, смањити), а да и неефикасни планови и руте постану ефикасни.

Истраживањем су потврђене све постављене хипотезе истраживања, што је и описано у закључку у **поглављу шест**, где је дат приказ резултата истраживања и закључна разматрања заједно са научним и стручним доприносима дисертације. Посебно су истакнути даљи правци истраживања, који се тичу не само модификације постојећег приступа увођењем додатних параметара, већ и примене дефинисаног истраживања у другим, сродним областима.

На крају докторске дисертације приказана је коришћена **литература** која садржи релевантне, примарне и актуелне референце.

Биографија и библиографија су дати након списка литературе.

У **прилогу 1** дат је *Python* код формулисаних специјалних хеуристике.

У **прилогу 2** дат је пример улазних података који се користе за решавање примера помоћу специјалних хеуристике.

У **прилогу 3** дато је решење које се добија за један тест пример применом специјалних хеуристике.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација „Оптимизација рута у третирању пољопривредног земљишта“ кандидата Бисере Андрић Гушавац бави се актуелном проблематиком примене метода и техника операционих истраживања за ефикасно третирање пољопривредног земљишта ради његовог што бољег искоришћења. Обрадиво земљиште је све лошијег квалитета због његовог екстензивног коришћења, тако да је проблем ефикасног коришћења, а у оквиру ове теме и ефикасног третирања земљишта, изузетно актуелна у свету. Оптимизација рута и ДЕА метода су такође разматране теме у великом броју научних и стручних часописа, као и на конференцијама и у оквиру научних и стручних

књига (укључујући и уџбенике), тако да се може закључити да је тема дисертације актуелна и за ширу научну и стручну заједницу.

Оригиналност докторске дисертације огледа се првенствено у начину решавања дефинисаног проблема, т.ј. у коришћењу две методе – хеуристичког програмирања и ДЕА методе за одређивање плана третирања испарцелисаног земљишта, т.ј. одређивање оптималних рута за третирање земљишта. Хеуристика којом се решава проблем и добијају оптимални планови третирања земљишта је оригинална и развијена је специјално за решавање дефинисаног проблема. Примена специјалне хеуристике је прва фаза у решавању постављеног проблема. Након што се добију оптималне руте, у оквиру фазе два, одређује се њихова релативна ефикасност применом ДЕА методе. У оквиру ове фазе, а на основу добијених више планова обраде специјаном хеуристиком, прво се одређује ефикасност добијених планова обраде ДЕА методом, а затим се у оквиру (релативно ефикасног плана) одређују релативно ефикасне руте. На овај начин се добија оригиналан методолошки приступ за одређивање оптималних рута кроз две фазе – прво се руте одређују специјалном хеуристиком, а затим се одређује и ефикасност тих рута ДЕА методом. Резултати који су добијени у спроведеним експериментима са реалним подацима потврђују валидност и показују како научни тако и практични значај дисертације.

У складу са *Правилником о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду*, Универзитетска библиотека Светозар Марковић је извршила проверу оригиналности дисертације коришћењем програма *iThenticate*, а добијени индекс сличности 6% (у кључним деловима дисертације није примећено значајније поклапање) потврђује оригиналност дисертације.

На основу изложеног, може се закључити да добијени резултати докторске дисертације представљају научни допринос у односу на постојеће стање, и отварају простор за даља истраживања. Значај теме докторске дисертације огледа се и у чињеници да се предложена методологија може имплементирати и у другим областима, нпр. при примени беспилотних летелица у пољопривреди (прецизна пољопривреда), примени у области гашења пожара, прскања комараца и слично, а такође се могу спровести и истраживања са укључивањем додатних параметара (нпр. ограничени временски период за реализацију планова обраде).

Имајући у виду изнесено, може се закључити да је предмет истраживања дисертације у складу са савременим истраживањима како у области операционих истраживања, тако и у области пољопривреде, као и да добијени резултати истраживања представљају оригинални допринос кандидата постојећим знањима из ових области и отварају простор за даљи развој и истраживања.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је у току израде докторске дисертације „Оптимизација рута у третирању пољопривредног земљишта“ користила 252 референтне јединице. Коришћена је релевантна и савремена литература, књиге и научни радови објављени у домаћим и међународно признатим часописима, као и зборницима радова са конференција из

области везаних за тему докторске дисертације. На основу коришћене литературе приказани су проблеми и начин њиховог решавања који су од значаја за приказ и решавање проблема који се разматра у овој дисертацији. Овиме је утврђено да проблем који се разматра у овој докторској дисертацији није до сада разматран у постојећој литератури и да постоји потреба за његовим дефинисањем и решавањем.

Списак изабраних радова који су од посебног значаја за израду докторске дисертације је приказан у наставку:

1. Alfandari L., Plateau A., Schepler X. (2015). A branch-and-price-and-cut approach for sustainable crop rotation planning. *European Journal of Operational Research* 241,3, 872-879. DOI:10.1016/j.ejor.2014.09.066
2. Aljanabi A.A., Mays L.W., Fox P. (2018). Optimization model for agricultural reclaimed water allocation using mixed-integer nonlinear programming. *Water (Switzerland)* 10,10, -. DOI:10.3390/w10101291
3. Atici K.B., Podinovski V.V. (2015). Using data envelopment analysis for the assessment of technical efficiency of units with different specialisations: An application to agriculture. *Omega (United Kingdom)* 54,, 72-83. DOI:10.1016/j.omega.2015.01.015
4. Belenguer, J. M., Benavent, E., Prins, C., Prodhon, C., & Calvo, R. W. (2011). A branch-and-cut method for the capacitated location-routing problem. *Computers & Operations Research*, 38(6), 931-941.
5. Capitanescu F., Marvuglia A., Navarrete Gutiérrez T., Benetto E. (2017). Multi-stage farm management optimization under environmental and crop rotation constraints. *Journal of Cleaner Production* 147,, 197-205. DOI:10.1016/j.jclepro.2017.01.076
6. Clarke, G., & Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations research*, 12(4), 568-581.
7. Conesa-Muñoz J., Pajares G., Ribeiro A. (2016). Mix-opt: A new route operator for optimal coverage path planning for a fleet in an agricultural environment. *Expert Systems with Applications* 54,, 364-378. DOI:10.1016/j.eswa.2015.12.047
8. Dunnett A., Shirsath P.B., Aggarwal P.K., Thornton P., Joshi P.K., Pal B.D., Khatri-Chhetri A., Ghosh J. (2018). Multi-objective land use allocation modelling for prioritizing climate-smart agricultural interventions. *Ecological Modelling* 381,, 23-35. DOI:10.1016/j.ecolmodel.2018.04.008
9. Filippi C., Mansini R., Stevanato E. (2017). Mixed integer linear programming models for optimal crop selection. *Computers and Operations Research* 81,, 26-39. DOI:10.1016/j.cor.2016.12.004
10. Galán-Martín A., Pozo C., Guillén-Gosálbez G., Antón Vallejo A., Jiménez Esteller L. (2015). Multi-stage linear programming model for optimizing cropping plan decisions under the new Common Agricultural Policy. *Land Use Policy* 48,, 515-524. DOI:10.1016/j.landusepol.2015.06.022
11. Giosa, I. D., Tansini, I. L., & Viera, I. O. (2002). New assignment algorithms for the multi-depot vehicle routing problem. *Journal of the operational research society*, 53(9), 977-984.
12. Hameed, I., Bochtis, D., & Sørensen, C. A. G. (2013). An optimized field coverage planning approach for navigation of agricultural robots in fields involving obstacle areas. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 10(231), 1-9.
13. Herrera-Cáceres C., Pérez-Galarce F., Álvarez-Miranda E., Candia-Véjar A. (2017). Optimization of the harvest planning in the olive oil production: A case study in Chile. *Computers and Electronics in Agriculture* 141,, 147-159. DOI:10.1016/j.compag.2017.07.017
14. Laporte, G., & Semet, F. (2001). Classical heuristics for the capacitated VRP. In *The vehicle routing problem* (pp. 109-128). Society for Industrial and Applied Mathematics.
15. Mahmud M.S.A., Abidin M.S.Z., Mohamed Z. (2018). Solving an agricultural robot routing problem with binary particle swarm optimization and a genetic algorithm. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research* 7,5, 521-527. DOI:10.18178/ijmerr.7.5.521-527
16. Mahmud M.S.A., Abidin M.S.Z., Mohamed Z., Rahman M.K.I.A., Iida M. (2019). Multi-objective path planner for an agricultural mobile robot in a virtual greenhouse environment. *Computers and Electronics in Agriculture* 157, 488-499. DOI:10.1016/j.compag.2019.01.016

17. Martić, M., & Savić, G. (2001). An application of DEA for comparative analysis and ranking of regions in Serbia with regards to social-economic development. *European Journal of Operational Research*, 132(2), 343-356.
18. Mghirbi O., Le Grusse P., Fabre J., Mandart E., Bord J.-P. (2017). OptiPhy, a technical-economic optimisation model for improving the management of plant protection practices in agriculture: a decision-support tool for controlling the toxicity risks related to pesticides. *Environmental Science and Pollution Research* 24,8, 6951-6972. DOI:10.1007/s11356-016-6775-1
19. Seyyedhasani H., Dvorak J.S. (2018). Reducing field work time using fleet routing optimization. *Biosystems Engineering*, 169, 1-10. DOI:10.1016/j.biosystemseng.2018.01.006
20. Sorensen, C. G., & Bochtis, D. D. (2010). Conceptual model of fleet management in agriculture. *Biosystems Engineering*, 105(1), 41-50.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Ради тестирања постављених хипотеза у току израде дисертације примењен је већи број научних метода почевши од систематизованог прегледа стања у области истраживања са адекватним класификацијама проблема, приступа, метода и техника и навођењем литературе, затим преко критичке анализе постојећих резултата и на крају синтетичко закључивање са предикцијом будућих праваца развоја и примене хеуристичког програмирања и ДЕА метода. Доследно је коришћена методологија у свим фазама одређивања оптималних рута, од препознавања и формулисања проблема, преко развоја оригиналног методолошког приступа до његове примене и експериментисања над подацима.

Основне методе истраживања које су коришћене у докторској дисертацији су прикупљање и проучавање доступне литературе, а затим њена анализа и систематизација. Синтеза изведених закључака је показала оправданост и корисност развоја оригиналног методолошког приступа. Поред општих метода, у раду су коришћене и методе чија је употреба произашла из специфичности постављеног предмета и циља истраживања. Специјална хеуристика је коришћена да би се добили оптимални планови обраде, т.ј. оптималне руте којим би се третирали обрадиво земљиште коришћењем пољопривредне авијације. Примена ДЕА методе је омогућила и рангирање добијених планова обраде према њиховој релативној ефикасности, а затим је добијена релативна ефикасност самих рута у оквиру једног плана обраде такође применом ДЕА методе. На овај начин омогућен је избор доносиоцу одлуке у складу са постављеним циљевима, т.ј. обезбеђена је примена у пракси ефикасних рута за третирање земљишта.

Закључци донети на основу истраживања спроведеног у дисертацији указују на то да су примењене научне методе и технике адекватне по свом значају и структури и да одговарају теми дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

У докторској дисертацији Бисере Андрић Гушавац се решава проблем оптимизације рута при третирању пољопривредног земљишта применом пољопривредне авијације. На основу представљених теоријских основа и резултата истраживања види се да се предложени приступ може успешно применити за решавање проблема одређивања рута. Применом постављене методологије могу се одредити руте, а затим и одредити

које су то релативно ефикасне руте. На овај начин се у пракси могу реализовати прво ефикасне руте, а затим се могу од неефикасних рута, уз одређене модификације параметара, добити такође ефикасне руте. Такође је важно нагласити и да се, уз одређене модификације, предложени приступ може применити и у другим областима (нпр. одређивање рута код запрашивања против комараца). Прилагођавањем приступа могућа је и његова примена код одређивања рута за беспилотне летелице (дронове) без којих је незамислива данас изузетно популарна и ефикасна прецизна пољопривреда.

Примена приступа који је дат у овој дисертацији доприноси бољем искоришћењу ресурса у пољопривреди и остваривање бољих резултата, а самим тим се обезбеђује и конкурентска предност на тржишту.

На основу наведеног, закључује се да су резултати ове дисертације применљиви као теоретска основа за даља истраживања, као и за практичну примену у пољопривреди.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Током израде докторске дисертације, кандидат Бисера Андрић Гушавац показала је способност да самостално обавља научни рад и решава научне проблеме. Кандидат поседује потребна стручна, теоријска и практична знања за самосталан научни рад, што је, осим у процесу израде ове докторске дисертације, доказала квалитетом и бројем објављених научних публикација, као и другим наведеним облицима ангажовања.

Свеобухватни и систематизовани преглед литературе из области истраживања, показује способност кандидата за самостално откривање и сагледавање отворених проблема истраживања, као и критичку анализу постојећих сазнања. Спроведено истраживање потврђује да је кандидат способна да самостално пројектује и спроведе научно истраживање, што је резултирало у постављеном проблему, као и његовом оригиналном решавању повезивањем различитих метода. Развијени приступ решавању постављеног проблема је изузетно користан и применљив у пракси.

На основу наведеног, Комисија сматра да кандидат Бисера Андрић Гушавац поседује потребне способности, вештине и искуство за самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У складу са постављеним циљевима истраживања као резултат рада на овој дисертацији потребно је истаћи следеће најзначајније научне доприносе:

- детаљан преглед примене операционих истраживања у пољопривреди, посебно у области третирања пољопривредног земљишта,
- дефинисање сложеног реалног проблема операционих истраживања који има карактеристике локацијског, алокацијског и проблема рутирања са више депоа у области третирања пољопривредног земљишта,
- развој хеуристичког алгорита за решавање проблема великих димензија,
- примена адекватних ДЕА модела за оцену и избор ефикасних рута.

Коначни резултат истраживања је имплементација предложених приступа код одређивања оптималних и, након тога, ефикасних рута, на реалним примерима различитих димензија.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Увидом у дисертацију, полазне хипотезе и циљеве истраживања, остварене резултате, научне и стручне доприносе, Комисија констатује да је кандидат успешно анализирао и систематизовала постојећа научна сазнања истраживањем обимне литературе, да је успешно реализовала комплексно истраживање везано за дефинисање сложеног реалног проблема операционих истраживања и његово решавање применом и повезивањем више метода. Поред оствареног научног доприноса, дисертација садржи и резултате који су значајни за практичну примену предложеног решења. У дисертацији су анализирани и могућности за унапређење предложеног методолошког приступа и дефинисани правци за даља истраживања (примена у другим областима, увођење нових параметара код примене ДЕА методе, итд.). Све постављене хипотезе су верификоване како теоријским разматрањима, тако и експериментално, те је тиме остварен значајан допринос корпусу сазнања релевантних за научну и стручну заједницу из ове области.

4.3. Верификација научних доприноса

Докторска дисертација кандидата Бисере Андрић Гушавац верификована је публикавањем више научних радова објављених у часописима међународног и националног значаја и у зборницима са домаћих и међународних конференција:

Рад у међународном часопису (M23)

1. **Andric Gusavac, B., Stanojevic, M., & Cangalovic, M.:** Optimal treatment of agricultural land—special multi-depot vehicle routing problem. - *Agricultural Economics*, vol. 65(12), pp. 569-578, 2019 (**IF=1.0**) (DOI: <https://doi.org/10.17221/134/2019-AGRICECON>).

Радови у часописима међународног значаја верификованих посебном одлуком (M24)

1. **Andrić Gušavac B., Stojanović D., Sokolović Ž.:** Application in Some Locational Models in Natural Resources Industry – Agriculture case. - *Romanian Statistical Review – Supplement*, vol. 8, pp. 82 - 93, 2359 – 8972, 1065701. (2014).

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. Jakovljević, S., **Andrić Gušavac, B.:** "Optimization of agriculture aviation in Republic of Serbia", - *1st International Symposium and 10th Balkan Conference on Operational Research – BALCOR 2011*, Thessaloniki, Greece, 2011.
2. **Andrić Gušavac, B., Stojanović, D., Jakovljević, S.:** „Simple Plant Location Model in Agriculture Aviation in Serbia“, - *XI Balkan Conference on Operational Research – BALCOR 2013*, Belgrade & Zlatibor, 2013, pp. 321-327, ISBN 978-86-7680-285-2.
3. **Andrić Gušavac, B., Stojanović, D., Sokolović, Ž.:** „Application of some locational models in natural resources industry - agriculture case“, - *XIII International Symposium*

- of Organizational Sciences „New Business Models and Sustainable Competitiveness“ SymOrg 2014, Zlatibor, Serbia, 2014, pp. 1241-1248, ISBN: 978-86-7680-295-1.*
4. Katić, A., **Andrić Gušavac B.**, Popović, M.: „Zaštita jezera Vrutci od zagađenja izazvanog dugoročnim uticajem ljudskog faktora“, - *Proceedings of XI International conference on risk and safety engineering*, Kopaonik, 2016., pp. 30-39, ISBN: 978-86-6211-102-9.
 5. **Andrić Gušavac B.**, Popović M., Katić A.: „Multiattribute methods as a means for solving lake pollution problems“, - *XV International symposium Reshaping the Future Through Sustainable Business Development and Entrepreneurship SymOrg 2016*, Srbija, 2016., pp. 565 - 571.
 6. **Andrić Gušavac B.**, Stojanović D.: „Dealing with Problems in Natural Resources Industry“, - *Proceedings of 7th Annual Global Business Conference*, Hrvatska, 2016, pp. 10 – 16.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

1. Jakovljević S., **Andrić Gušavac B.**: „Model for optimization of agricultural aircraft“, - *XXXVIII Simpozijum o operacionim istraživanjima SYM-OP-IS 2011*, Zlatibor, 2011, pp 535-538, ISBN: 978-86-403-1168-7
2. **Andrić Gušavac B.**, Stanojević M.: „Modeliranje problema korišćenja poljoprivredne avijacije“, *XLII Simpozijum o operacionim istraživanjima*, Srebrno jezero, Srbija, 2015, pp. 348-351, ISBN 978-86-80593-55-5.
3. Katić A., **Andrić Gušavac B.**: „Model optimizacije smanjenja zagađenosti vodnih resursa jezera Vrutci“, - *Simpozijum o operacionim istraživanjima Sym-Op-Is 2016*, Tara, Srbija, 2016, pp. 371-375, ISBN: 978-86-335-0535-2.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа и анализе докторске дисертације, Комисија сматра да је докторска дисертација под називом „Оптимизација рута у третирању пољопривредног земљишта“ кандидата Бисере Андрић Гушавац написана према свим стандардима научно-истраживачког рада. Такође, ова докторска дисертација испуњава све услове прописане Законом о високом образовању, стандардима, правилницима и Статутом Факултета организационих наука и Универзитета у Београду. На основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији, Комисија констатује да је кандидат Бисера Андрић Гушавац успешно завршила докторску дисертацију, у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања.

Кандидат Бисера Андрић Гушавац је у докторској дисертацији дошла до оригиналних научних закључака, што је научно верификовано публикавањем рада у међународном научном часопису са SCIE листе са импакт фактором, једног рада у часопису међународног значаја, као и више радова објављених на међународним и националним конференцијама. С обзиром на научну актуелност дисертације, оригиналност приказаних резултата и методолошку и тематску адекватност, докторска дисертација задовољава све потребне критеријуме и квалификује кандидата, Бисеру Андрић Гушавац, за самосталан научно-истраживачки рад. Ценећи наведене научне и стручне

доприносе докторске дисертације, Комисија констатује да су остварени постављени циљеви истраживања и позитивно оцењује дисертацију.

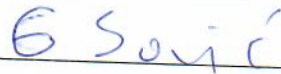
На основу свега претходно наведеног, предлажемо Наставно-научном већу Факултета организационих наука да се докторска дисертација под насловом „Оптимизација рута у третирању пољопривредног земљишта“, кандидата **Бисере Андрић Гушавац**, прихвати, изложи на увид јавности и, потом, упути на коначно усвајање Већу научних области техничко-технолошких наука Универзитета у Београду.

У Београду 25.05.2020. године

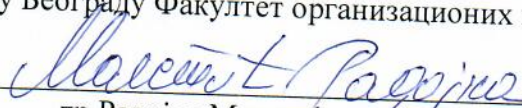
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Милан Мартић, редовни професор
Универзитет у Београду Факултет организационих наука



др Гордана Савић, ванредни професор
Универзитет у Београду Факултет организационих наука



др Радојка Малетић, редовни професор
Универзитет у Београду Пољопривредни факултет