

19.08.2014. године
Београд,
04-03-11/104

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука
Београд
Студентски трг бр 1

У прилогу дописа достављамо извештај комисије о оцени завршене докторске дисертације кандидата мр Слободана Антића, са пратећом документацијом.

Докторска дисертација и извештај комисије о оцени завршене докторске дисертације кандидата мр Слободана Антића стављени су на увид јавности и у предвиђеном року није било примедби на изложену докторску дисертацију.

С поштовањем,

Секретар факултета

Гордана Алексић Славински, дипл. Правник

Факултет организационих наука

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

04-03-11/104

(Број индекса)

Веће научних области техничких наука
(назив стручног већа коме се захтев упућује, сходно чл
75. Статута Универзитета у Београду и чл.7. ст.
1. овог Правилника)

19.08.2014. године

(Датум)

Београд
Студентски трг бр.1

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на извештај о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходо члану 68. ст. 3. Закона о универзитету («Службени гласник РС» бр. 20/98), дате сагласности на
Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата

мр Слободана (Радомир) Антића

(име, име једног родитеља и презиме)

Кандидат мр Слободан (Радомир) Антић пријавио је докторску дисертацију под називом:

(име, име једног родитеља и презиме)

МОДЕЛИ И МЕТОДЕ УПРАВЉАЊА ЗАЛИХАМА ЗАСНОВАНИ НА МЕТАХЕУРИСТИКАМА

Универзитет је дана 04.02.2014. године својим актом под 06-419/29-13 дао сагласност на предлог теме докторске
дисертације која је гласила

МОДЕЛИ И МЕТОДЕ УПРАВЉАЊА ЗАЛИХАМА ЗАСНОВАНИ НА МЕТАХЕУРИСТИКАМА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Слободана (Радомир) Антића

(име, име једног родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној 18.06.2014. године, одлуком Факултета под 3/54-1 у саставу:

име и презиме члана комисије	звање	научна област
1. др Даница Лечић Цветковић	ванр. проф. ФОН-а	Управљање производњом и услугама
2. др Јасмина Омербеговић Бијеловић	ред. проф. ФОН-а	Управљање производњом и услугама
3. др Милан Мартић	ред. проф. ФОН-а	Операциона истраживања
4. др Мирјана Чангаловић	ред. проф. ФОН-а	Операциона истраживања
5. др Константин Костић	ред. проф. ФОН-а у пензији	Управљање производњом и услугама

Наставно-научно веће Факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на
седници одржаној дана 09.07.2014. године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Прилог:

1. Извештај Комисије са предлогом,
2. Акт Наставно-научног већа Факултета о усвајању Извештаја,
3. Примедбе дате у току стављања Извештаја на увид јавности,
уколико је таквих примедби било.

Проф. др Милан Мартић

Поводом предлога Већа студијског програма докторских академских студија , а на основу члана 56. Статута Факултета, на седници Наставно-научног већа одржаној 9.7.2014. године, једногласно је донета следећа

ОДЛУКА

Прихвата се Извештај Комисије за оцену завршене докторске дисертације кандидата мр Слободана Антића, под насловом »МОДЕЛИ И МЕТОДЕ УПРАВЉАЊА ЗАЛИХАМА ЗАСНОВАНИ НА МЕТАХЕУРИСТИКАМА« и даје се на увид јавности.

На Наставно-научном Већу од 06.03.2013. године одобрена је израда докторске дисертације кандидата мр Слободана Антића под називом »МОДЕЛИ И МЕТОДЕ УПРАВЉАЊА ЗАЛИХАМА ЗАСНОВАНИ НА МЕТАХЕУРИСТИКАМА« на основу добијене Одлуке стручног Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације од 04.02.2013. године, број: 06-419/29-13. Кандидат мр Слободан Антић је објавио следеће радове који га квалификују да може да одбрани докторску дисертацију:

1. **Antić, S.**, Đorđević, L., Kostić, K., Lisec, A.: Dynamic discrete simulation model of an inventory control with or without shortages, - *Scientific Bulletin, Series A, Applied Mathematics and Physics*, 2014 (**IF = 0.300**), (ISSN 1223-7027) (*accepted for publication*).
2. **Antić, S.**, Đorđević, L., Čangalović, M., Kostić, K.: „A Metaheuristic Approach to Solving a Multiproduct EOQ-Based Inventory Problem with Storage Space Constraints“, - *BALCOR 2013, Proceedings of the XI Balkan Conference on Operational Research*, ISBN 978-86-7680-285-2, University of Belgrade, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade & Zlatibor, Serbia, 2013.

Председник Наставно-научног већа

Проф. др Милан Мартић

Доставити:

- Стручном сараднику за ПДС
- Секретару органа управљања и стручних органа
- Архиви



UNIVERSITY „POLITEHNICA” OF BUCHAREST
313, Splaiul Independentei, Sector 6,
Postal code 060042, Bucharest, ROMANIA
Phone Number: +40 21 402 94 85
E-mail: scientificbulletin@pub.ro; scientificbulletin@yahoo.com

The article: “DYNAMIC DISCRETE SIMULATION MODEL OF AN INVENTORY CONTROL WITH OR WITHOUT ALLOWED SHORTAGES”

Authors: Slobodan Antic, Lena Djordjevic, Konstantin Kostic, Andrej Lisee

Has been reviewed, accepted and is going to be published in the Scientific Bulletin, Series A Applied Mathematics and Physics, ISSN 1223-7027.

April 23th, 2014



Editor in Chief,
Professor Ecaterina ANDRONESCU

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU FAKULTETA ORGANIZACIONIH NAUKA

Predmet: Referat Komisije o završenoj doktorskoj disertaciji kandidata mr **Slobodana Antića**

Odlukom Nastavno-naučnog veća FON-a pod brojem 3/54-1 od 18.06.2014. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr **Slobodana Antića**, pod naslovom:

„MODELI I METODE UPRAVLJANJA ZALIHAMA ZASNOVANI NA METAHEURISTIKAMA“

Posle pregleda dostavljene doktorske disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa Kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

R E F E R A T

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

Kandidat mr Slobodan Antić je magistarske studije na Fakultetu organizacionih nauka, izorno područje – Operacioni menadžment, upisao školske 2002/2003 godine. Prijava magistarske teze je urađena dana 05.07.2007. godine. Komisija za ocenu naučne zasnovanosti magistarske teze je formirana dana 13.07.2007. godine, odlukom Veća Fakulteta pod brojem 3/176/22. Komisija za ocenu naučne zasnovanosti magistarske teze odobrava izradu magistarske teze 12.09.2007. godine, odlukom Veća Fakulteta pod brojem 3/190-19. Mentor podnosi izveštaj o završenosti magistarske teze dana 14.11.2011. godine. Komisija za pregled i odbranu magistarske teze formirana je 23.11.2011. godine, odlukom Veća Fakulteta pod brojem 3/109-08. Izveštaj o prihvatanju magistarske teze i stavljanje u javnost odobren je 14.12.2011. godine, odlukom Veća Fakulteta pod rednim brojem 3/125-2. Po isteku perioda uvida u javnosti, Veće Fakulteta dana 18.01.2014. godine, donosi odluku pod brojem 03/12-2, o odobravanju odbrane magistarske teze kandidata. Magistarsku tezu, pod nazivom „**Modeliranje procesa operacionog menadžmenta u spredšitovima**“, kandidat je odbranio dana, 03.02.2012. godine na Fakultetu organizacionih nauka, pred Komisijom u sastavu:

- dr Konstantin Kostić, redovni profesor Fakulteta organizacionih nauka u Beogradu, mentor;
- dr Jasmina Omerbegović - Bijelović, redovni profesor Fakulteta organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu, član;
- dr Milan Martić, redovni profesor Fakulteta organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu, član;
- dr Mirjana Čangalović, redovni profesor Fakulteta organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu, član;
- dr Obrad Babić, redovni profesor Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu; spoljni član.

Odbranom magistarske teze, kandidat stiče formalne uslove za prijavu doktorske disertacije. Prijava doktorske disertacije kandidata je potvrđena dana, 29.09.2012. godine, odlukom Veća Fakulteta organizacionih nauka, pod brojem 04-03-1/10. Komisija za ocenu naučne zasnovanosti prijavljene doktorske disertacije formirana je 03.10.2012. godine, odlukom Veća Fakulteta broj 03/100-10. Odluka o usvajanju izveštaja Komisije za ocenu naučne zasnovanosti prijavljene doktorske disertacije doneta je dana 24.10.2012. pod brojem 3/115-5. Veće Tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu je na sednici održanoj 04.02.2013. godine, donelo odluku, pod brojem 06-419/29-13, o odobravanju izrade predložene doktorske disertacije kandidata mr Slobodana Antića.

Nakon dobijene saglasnosti, o odobravanju izrade doktorske disertacije, od strane Veća Tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, na sednici Nastavno-naučnog veća FON-a doneta je odluka pod brojem 03/32-5 od 06.03.2013. godine, o odobravanju izrade doktorske disertacije kandidata mr Slobodana Antića pod naslovom „**Modeli i metode upravljanja zalihama zasnovani na metaheuristikama**“ i za mentora je imenovana dr Danica Lečić-Cvetković, vanredni profesor Fakulteta organizacionih nauka.

Dana, 12.06.2014. godine, mentor, dr Danica Lečić Cvetković, vanredni profesor FON-a, podnosi izveštaj da je doktorska disertacija kandidata mr Slobodana Antića završena i Nastavno-naučno veće FON-a je odlukom br. 3/54-1 od 18.06.2014. godine formiralo komisiju za pregled, odbranu i ocenu završene doktorske disertacije u sastavu:

- dr Danica Lečić-Cvetković, vanredni profesor Fakulteta organizacionih nauka, mentor;
- dr Jasmina Omerbegović-Bijelović, redovni profesor Fakulteta organizacionih nauka, član;
- dr Mirjana Čangalović, redovni profesor Fakulteta organizacionih nauka, član;
- dr Milan Martić, redovni profesor Fakulteta organizacionih nauka, član;
- dr Konstantin Kostić, redovni profesor u penziji, spoljni član.

1.2. Naučna oblast disertacije

Doktorska disertacija „**Modeli i metode upravljanja zalihama zasnovani na metaheuristikama**“ po predmetu istraživanja i korišćenoj literaturi pripada oblasti Tehničkih nauka, preciznije užoj naučnoj oblasti Upravljanje proizvodnjom i uslugama.

Predmet disertacije je problem upravljanja zalihama za više artikala, razvojem modela višestapnog diskretnog upravljanja u spredšitu, čiji zadatak optimalnog upravljanja diskretnim sistemima spada u klasu NP (*eng. Nondeterministic polinomial*) teških problema kombinatorne optimizacije i jedini način na koji se problem može rešiti je nedeterminističkim algoritmima u polinomijalnom vremenu (metode pretraživanja oblasti upravljanja), odnosno razvojem algoritama metaheuristika, što znači, da doktorska disertacija ima multidisciplinarnu

karakter, u kojem su objedinjene pojave iz domena Operacionog menadžmenta, operacionih istraživanja, upravljanja materijalnim tokovima i spredšit inženjerstva.

Mentor disertacije je dr Danica Lečić-Cvetković, vanredni profesor Fakulteta organizacionih nauka, Univerziteta u Beogradu. Iz skupa objavljenih radova izdvajamo sledeće radove koji profesorku dr Danicu Lečić-Cvetković kvalifikuju za vođenje ove doktorske disertacije:

1. **Lečić-Cvetković D.**, Atanasov, N., Babarogić, S.: An Algorithm for Customer Order Fulfillment in a Make-to-Stock Manufacturing System, - *International Journal of Computers, Communication and Control*, Vol. V No. 5, pp. 783-791, 2010, (**IF=0.650**), (ISSN:1841-9836).
2. **Lečić-Cvetković D.**, Aničić, N., Babarogić, S., Atanasov, N.: Towards an Interoperable Production System, - *Technics Technologies Education Management-TTEM*, Vol. 5 No. 2, pp. 309-320, 2010, (**IF = 0.256**), (ISSN: 1840-1503)
3. **Lečić-Cvetković D.**, Atanasov, N., Babarogić, S., Aničić, N.: Web-Based Implementation of Replenishment Process in Distribution Channels - a Case Study, - *International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*, Vol. 18 No. 6, pp. 291-299, 2011, (**IF = 0.154**), (ISSN: 1943-670X).
4. Janičić R., **Lečić-Cvetković, D.**, Filipović, V., Vukasinović, Z., Jovanović, V.: Patients satisfaction as key point in healthcare services, - *HealthMED*, Vol. 5, No. 6, 2011, pp.1701-1710, (**IF=0.435**), (ISSN:1840-2291).
5. **Lečić-Cvetković D.**, Kostić-Stanković, M., Maslić V.: Research of Customer Satisfaction with the Electronic Postal Services in Serbia, - *Metalurgia International*, Vol. 17, No. 7, 2012., pp.176-184, (**IF=0.084**), (ISSN:1582-2214).
6. Babarogić S., Makajić-Nikolić, **D.**, **Lečić-Cvetković, D.**, Atanasov, N.: Multi-period Customer Service Level Maximization under Limited Production Capacity,- *International Journal of Computers, Communication and Control*, Vol. VII No. 5, pp. 802-811, 2012, (**IF= 0.438**), (ISSN: 1841-9836).

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Kandidat mr Slobodan Antić je rođen 21.12.1977. godine u Tuzli u Bosni i Hercegovini. Osnovnu školu završio je u Tuzli 1992. godine sa odličnim uspehom kroz osmogodišnje osnovno obrazovanje. Srednju elektrotehničku školu "Nikola Tesla" u Beogradu, na smeru elektrotehničar automatike, završio je 1996. godine sa prosečnom ocenom 5.00 u toku srednjeg četverogodišnjeg obrazovanja. Diplomirao je na Fakultetu organizacionih nauka 2002. godine sa prosečnom ocenom 9,1 tokom studija, na Odseku za industrijsko inženjerstvo, odbranivši diplomski rad na temu "Organizacija praćenja proizvodnje i proizvoda u preduzeću DP So Produkt Beograd", sa ocenom 10. Proglašen je studentom generacije Odseka za industrijsko inženjerstvo 2001. godine.

Specijalističke francuske master studije iz oblasti Industrijskog inženjerstva upisuje 2002. godine, kao student prve generacije ovih master studija, organizovanih u saradnji Fakulteta organizacionih nauka i prestižne Francuske visoke škole za Industrijsko inženjerstvo ECP PARIS (*Ecole Centrale Paris*). Ove studije završava 2004. godine sa prosečnom ocenom 18,63 (ocene od 12 do 20), kao jedan od najboljih studenata prve generacije mastera. Specijalističku master tezu je odbranio na francuskom jeziku, pod nazivom "Izrada metodologije i implementacija sistema za evaluaciju performansi rada zaposlenih u kompaniji Mobtel 063".

Takođe, krajem 2004. godine završava Fakultet za trgovinu i bankarstvo “Janičije i Danica Karić”, odbranom diplomskog rada na temu “*Elementi operativnog i trgovinskog menadžmenta u proizvodno-poslovnom sistemu industrije proizvodnje soli*”, sa ocenom 10 i prosečnom ocenom 9,1 tokom studija na Odseku za trgovinu i bankarstvo.

Magistarske studije na Odseku za operacioni menadžment, Fakulteta organizacionih nauka, upisao je 2002. godine i do kraja 2006. godine je položio sve ispite predviđene planom i programom magistarskih studija sa prosečnom ocenom 10. Magistarsku tezu, pod nazivom „*Modeliranje procesa operacionog menadžmenta u sprdšitovima*“ odbranio je 03.02.2012. godine. Magistarskom tezom su obuhvaćene naučne oblasti spređit inženjerstvo, upravljanje zalihama, modelovanje procesa u spređitovima, upravljanje diskretnim sistemima i operacioni menadžment.

Kandidat je zaposlen na Fakultetu organizacionih nauka od 15.01.2003. godine, u statusu asistenta na Katedri za upravljanje proizvodnjom i uslugama, Odsek za operacioni menadžment, na predmetima Upravljački sistemi i Informacioni sistemi preduzeća.

Kandidat poseduje i značajno praktično iskustvo u privredi, koje je prikazano u sledećoj tabeli:

Jun 2001 - Feb. 2002	Agromit Beograd / JOSHUA D.O.O., Cara Dušana 212, Zemun. Tip kompanije: Preduzeće za proizvodnju i prodaju visoko kvalitetne ženske obuće. Pozicija: Rukovodilac sektora proizvodnje i organizacije rada.
Jul 2002 - Jan. 2003	Američka nevladina organizacija NGO ACDIVOCA, Bulevar JNA 25, Beograd. Tip kompanije: Američka nevladina organizacija pod USAID-om. Pozicija: Menadžer u nabavci.
Okt. 2003 - Apr. 2004	Mobtel 063 – Mobilne telekomunikacije BK-PTT Srbija, Bulevar Nikole Tesle 42a, Beograd. Tip kompanije: Operator mobilne telefonije. Pozicija: Projektant sistema kvaliteta (Praksa u Centru za kvalitet, u trajanju od 6 meseci, u toku specijalističkih francuskih master studija u Parizu).
Nov. 2005 - Jan. 2007	Grand Prom A.D. Beograd, DROGA KOLINSKA, Slovenija Surčinska 6a, Beograd. Tip kompanije: Preduzeće za proizvodnju i prodaju kafe. Pozicija: Konsultant za logistiku. Projekat uvođenja proizvoda kompanije Soko Štark a.d u kanale direktne distribucije kompanije Grand Prom a.d.
Apr. 2007 – Avg. 2010	IDEA D.O.O. Agrokor, Hrvatska, Preduzeće za trgovinu na veliko i malo, Ul. Knežopoljska br. 1, Beograd. Pozicija: Konsultant za logistiku. Organizacija distribucije za 170 maloprodajnih objekata u Srbiji i 7 veleprodajnih centara širom Srbije.
Jul. 2011 – u toku	La Fantana D.O.O., Rumunija, Preduzeće za proizvodnju i trgovinu vodom, Ul. Patrijarha Dimitrija 12g, Beograd. Pozicija: Konsultant za logistiku. Organizacija distribucije water-cooler aparata i vode u bocama iz 6 distributivnih logističkih centara na teritoriji Srbije. Model za rutiranje distribucije i dinamički model upravljanja zalihama.

Takođe, kandidat je učestvovao u radu na velikom broju projekata, što je prikazano u sledećoj tabeli:

2003 - 2004	Mobtel 063 – Mobilne telekomunikacije BK-PTT Srbija, Bulevar Nikole Tesle 42a, Beograd. Projekat: Uvođenje sistema multi-projektnog upravljanja u kompaniji Mobtel 063 – „MS Project Central”.
2004 - 2006	Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, Beograd. Projekat: Prekvalifikacija i osposobljavanje vojnih lica za rad u civilnoj privredi - Projekat PRIZMA.
2005 - 2006	Regionalni centar za razvoj malih i srednjih preduzeća i preduzetništvo, Beograd. Projekat: Program obuke za upravljanje dokumentacijom za mala i srednja preduzeća pod inicijativom i pokroviteljstvom Evropske Agencije za razvoj malih srednjih preduzeća.
Nov. 2006 – Jun. 2007	Preduzeće Elitas D.O.O., Novi Beograd. Projekat : Izrada radnog naloga u proizvodnji, praćenje zaliha i unapređenje procesa obračuna cene koštanja proizvoda u proizvodnji.
2006 – 2010	Fakultet organizacionih nauka, Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine, Beograd. Projekat: Projekat broj 149044 - Naziv: Istraživanje razvoja, povezivanja i korišćenja menadžmenta i specijalizovanih menadžment disciplina u našim preduzećima.
Okt. 2009 – Nov. 2010	Peštan D.O.O., Preduzeće za proizvodnju plastičnih cevi, Arandelovac, Srbija. Projekat: Optimizacija skladišnih procesa, preslaganje zatvorenih i otvorenih skladišta, model za upravljanje zalihama, model za pakovaje robe.
Feb. 2011 – April 2011	Pinoles D.O.O., Preduzeće za trgovinu pločastim materijalima, Beograd. Projekat: Optimizacija skladišnih procesa, preslaganje zatvorenih i otvorenih skladišta, uvođenje sistema komisioniranja i postavljanje KPI izveštaja za kontrolu i upravljanje zalihama.
April 2011 – Jun 2011	Piramida 72 D.O.O., Preduzeće za proizvodnju i trgovinu, Šabac Projekat: Optimizacija skladišnih procesa, preslaganje zatvorenog skladišta, uvođenje sistema komisioniranja i postavljanje KPI izveštaja za kontrolu zaliha, model za upravljanje zalihama.
April 2011 - u toku	Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, Beograd. Projekat: LeanEA – Production and Profitability improvement in Serbia Enterprises by adopting Lean Thinking, Philosophy and Strengthening Enterprise – Academia Conections, 511084-TEMPUS-1-2010-1-RS-TEMPUS- JPHEs.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija „**Modeli i metode upravljanja zalihama zasnovani na metaheuristikama**“ je obima 179 stranica, sadrži: 51 sliku, 30 tabela, i 119 literaturnih navoda. Struktura sadržaja disertacije je sledeća:

1. **UVOD**
 - 1.1. PREDMET, CILJ I HIPOTEZE
 - 1.2. ZNAČAJ TEME DOKTORATA U DOMENU OPERACIONOG MENADŽMENTA
 - 1.3. STRUKTURA DOKTORSKE DISERTACIJE
2. **UPRAVLJANJE ZALIHAMA - POJMOVNO ODREĐENJE**
 - 2.1. PREDNOSTI I NEDOSTACI KONCEPTA DRŽANJA ZALIHA
 - 2.2. OSNOVNI TROŠKOVI U PROCESU UPRAVLJANJA ZALIHAMA
3. **DINAMIČKI DISKRETNİ VIŠEETAPNI MODELI ZA UPRAVLJANJE ZALIHAMA**
 - 3.1. POJAM MODELA
 - 3.1.1. Tipovi modela
 - 3.1.2. Simulacioni model i simulacija
 - 3.1.3. Probabilistička i deterministička simulacija
 - 3.2. UPRAVLJANJE DISKRETNIM SISTEMIMA - POJAM OBJEKTA DISKRETNOG UPRAVLJANJA
 - 3.2.1. Optimalno upravljanje diskretnim objektom
 - 3.2.2. Osnovni elementi modeliranja objekta diskretnog upravljanja
 - 3.2.3. Tipovi tokova i uticaj tokova na dinamiku akumulacije
 - 3.2.4. Diskretni (etapni) priliv - Kontinualni odliv
 - 3.2.5. Diskretni (etapni) priliv - Diskretni (etapni) odliv
 - 3.2.6. Kontinualni priliv - Kontinualni odliv
 - 3.2.7. Kontinualni priliv - Diskretni (etapni) odliv
 - 3.2.8. Oblast upravljanja i kriterijum performansi
 - 3.3. TIPOVI UPRAVLJAČKIH MODELA ZA KONTROLU ZALIHA
 - 3.4. SPREDŠIT - ALAT ZA IZRADU MODELA ZA UPRAVLJANJE ZALIHAMA
4. **PREVOĐENJE KLASIČNOG EOQ MODELA U DISKRETNİ MODEL VIŠEETAPNOG UPRAVLJANJA**
 - 4.1. DETERMINISTIČKI KLASIČNI MODEL EKONOMIČNE KOLIČINE NARUČIVANJA – EOQ MODEL
 - 4.1.1. Interpretacija klasičnog EOQ modela kao diskretnog modela višestapnog upravljanja
 - 4.1.2. Interpretacija diskretnog EOQ modela višestapnog upravljanja u spredšitu
 - 4.2. MODEL EKONOMIČNE KOLIČINE NARUČIVANJA ZA VIŠE PROIZVODA SA OGRANIČENIM PROSTOROM SKLADIŠTENJA
 - 4.2.1. Interpretacija klasičnog EOQ modela za više proizvoda sa ograničenim skladišnim prostorom kao diskretnog modela višestapnog upravljanja – matematička formulacija problema

- 4.2.2. Interpretacija dinamičkog diskretnog EOQ modela višestapnog upravljanja za više proizvoda sa ograničenim skladišnim prostorom u spredšitu
- 4.2.3. Pregled literature za posmatrani problem upravljanja zalihama za više artikala u ograničenom skladišnom prostoru

5. HEURISTIČKI PRISTUP REŠAVANJU DISKRETNOG EOQ MODELA VIŠEETAPNOG UPRAVLJANJA ZALIHAMA ZA VIŠE ARTIKALA SA OGRANIČENIM SKLADIŠNIM PROSTOROM

5.1. PREGLED TEHNIKA OPTIMIZACIJE

- 5.1.1. Egzaktne metode za rešavanje optimizacionih problema
- 5.1.2. Heuristike i metaheuristike

5.2. SPECIJALNE HEURISTIKE ZA REŠAVANJE PROBLEMA UPRAVLJANJA ZALIHAMA ZA VIŠE ARTIKALA SA OGRANIČENIM SKLADIŠNIM PROSTOROM

- 5.2.1. Početna specijalna heuristika za generisanje početnog rešenja
- 5.2.2. Specijalna heuristika za pretraživanje prostora upravljanja

5.3. VNS HEURISTIKA ZA PRETRAŽIVANJE PROSTORA UPRAVLJANJA

6. IMPLEMENTACIJA HEURISTIČKIH ALGORITAMA U SPREDŠITOVIMA I NUMERIČKI REZULTATI IZVEDENIH EKSPERIMENATA

- 6.1. SIMULACIONI SPREDŠIT MODEL POČETNE SPECIJALNE HEURISTIKE
- 6.2. SIMULACIONI SPREDŠIT MODEL SPECIJALNE HEURISTIKE I VNS ALGORITMA

- 6.2.1. Instanca za $m=21$ artikal
- 6.2.2. Instanca za $m=102$ artikla

7. ZAKLJUČAK

LITERATURA

PRILOZI

Pregled slika

Pregled tabela

Biografija autora

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U uvodnom delu doktorske disertacije opisan je problem istraživanja, kao i način na koji će biti rešavan postavljen problem istraživanja. Definisan je predmet, cilj i hipoteze doktorske disertacije, koje su kasnije u radu razrađene, objašnjene i potvrđene. Takođe, u uvodnom delu rada, prikazano je istraživanje o važnosti teme upravljanja zalihama u operacionom menadžmentu, u kome je obrađeno preko 2800 naučnih radova iz oblasti operacionog menadžmenta. Teme koje su se izdvojile kao najznačajnije su upravljanja zalihama i matematičkog modeliranja. Takođe, u uvodnom delu doktorske disertacije kratko je navedena i opisana struktura doktorske disertacije, kroz kratak opis svih delova disertacije.

U drugom delu doktorske disertacije, pod nazivom *Upravljanje zalihama*, izvršeno je pojmovno određenje procesa upravljanja zalihama, odnosno prikazano je nekoliko važnih klasifikacija zaliha i detaljno su analizirani troškovi, koji čine ukupni trošak držanja zaliha, koji su kasnije u metodama optimizacije posmatrani kao osnovni kriterijum performansi pretraživanja oblasti upravljanja. Takođe, u ovom delu rada, istaknute su prednosti i nedostaci koncepta držanja zaliha.

U trećem delu rada, pod nazivom *Dinamički diskretni višetajni modeli za upravljanje zalihama* definisan je pojam modela, klasifikacija modela, upotreba modela u procesu simulacije, kao i tipovi simulacije. Takođe, u ovom delu rada definisano je upravljanje diskretnim sistemima, kroz razmatranje objekta diskretnog upravljanja i njegovih osnovnih elemenata (zakona ponašanja, oblasti upravljanja i kriterijuma efikasnosti upravljanja). Poseban naglasak je stavljen na tipove ulazno-izlaznih tokova i na njihovom uticaju na dinamiku akumulacije. U tom smislu, izvršena je i tipologija upravljačkih modela u upravljanju zalihama. Takođe, dato je pojmovno određenje spredšit inženjerstva i spredšit simulacije. Navedena su osnovna pravila za: projektovanje spredšit aplikacija, izradu spredšit aplikacija i testiranje spredšit aplikacija. U ovom delu disertacije je i pojmovno određen termin spredšit simulacije, kao i način izvođenja simulacije.

U četvrtom delu rada, pod nazivom *Prevođenje klasičnog EOQ modela u diskretni model višetajnog upravljanja*, predstavljen je klasičan osnovni jednodimenzionalni EOQ model zaliha i EOQ model zaliha za više artikala sa ograničenim skladišnim prostorom. Definisan je problem upravljanja zalihama za više artikala koji treba rešiti, odnosno kreiran je diskretni dinamički simulacioni spredšit model, kao i matematički model objekta diskretnog upravljanja. Takođe, izvršena je simulacija i upoređivanje tačnosti rezultata statičkog modela drugih autora i dobijenih rezultata dinamičkog simulacionog spredšit modela. U ovom delu rada prikazan je i razvijeni spredšit model, na kome će biti primenjene metode pretraživanja, u cilju rešavanja postavljenog problema. Takođe, navedene su osnovne ekstenzije klasičnog determinističkog EOQ modela zaliha, koje se prevode u objekat diskretnog upravljanja (detaljno obrađeno u magistarskoj tezi autora). U ovom delu rada prikazan je i pregled najznačajnije literature za posmatrani problem upravljanja zalihama za više artikala pri ograničenom skladišnom prostoru i prikazani su kratki sažeci naučnih radova (izabranih iz baze od oko 400 radova) značajnih za rešavanje problema istraživanja. Na osnovu izvršenog pregleda literature, utvrđeno je koji se heuristički algoritmi pretraživanja koriste u rešavanju ovih problema.

U petom delu rada, pod nazivom *Heuristički pristup rešavanju diskretnog EOQ modela višetajnog upravljanja zalihama za više artikala sa ograničenim skladišnim prostorom*, napravljen je pregled aktuelnih tehnika optimizacije, odnosno egzaktnih i heurističkih metoda optimizacije. Takođe, predstavljene su i karakteristike metaheurističkih metoda. U ovom delu doktorske disertacije definisane su specijalne heuristike i VNS metaheuristika za rešavanje problema upravljanja zalihama za više artikala sa ograničenim skladišnim prostorom, koje istovremeno predstavljaju najveći doprinos ove doktorske disertacije. Takođe, matematički su detaljno opisane tri heuristike: početna specijalna heuristika za generisanje početnog rešenja pretraživanja, specijalna heuristika za pretraživanje prostora upravljanja i dobro poznata VNS metaheuristika za pretraživanje prostora upravljanja.

U šestom delu doktorske disertacije, pod nazivom *Implementacija heurističkih algoritama u spredšitovima i numerički rezultati izvedenih eksperimenata*, predstavljena su tri spredšit modela algoritama za razvijene heuristike, koja su primenjena na dva problema različitih dimenzija. U cilju testiranja rezultata specijalnih heuristika i operabilnosti spredšit modela, urađeni su eksperimenti za instancu 21 artikal i instancu 102 artikla. Detaljno je predstavljen proces dobijanja rešenja svake od heuristika i naveden je programski kod u VBA (eng. *Visual Basic for Application*) koji u spredšitu automatizuje rad specijalnih heuristika. U ovom delu rada, detaljno su predstavljeni i grafički prikazani rezultati eksperimenata za rešavanje

problema za instancu 21 artikala i instancu 102 artikla. Takođe, izvršeno je poređenje performansi specijalne heuristike i metaheurističke metode VNS za isti postavljen problem, kroz kriterijume minimizacije ukupnih troškova i kriterijum vremena dobijanja rezultata, u cilju potvrđivanja rezultata eksperimenata dobijenih specijalnim heuristikama.

U završnom delu rada prikazan je zaključak, sa odgovorima na postavljena pitanja u vezi ostvarenih ciljeva, hipoteza i doprinosa doktorske teze. Takođe, prikazana je sistematizacija i pregled naučnih doprinosa koji su proistekli iz rada na doktorskoj disertaciji, skup otvorenih problema i mogući pravci daljih istraživanja. Literatura sadrži 119 referenci, koje su korišćene tokom istraživanja i izrade doktorske disertacije.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Predmet disertacije obuhvata aktuelnu temu upravljanja zalihama za više artikala u ograničenom skladišnom prostoru, koji često predstavlja jedan od najvećih upravljačkih problema sadašnjice u poslovnim sistemima. Veliki broj istraživača u svojim radovima posvećuje izuzetnu pažnju ovoj temi, jer je problem veoma kompleksan za rešavanje, zbog velikog broja kombinacija upravljačkih promenljivih prilikom naručivanja velikog broja artikala. Aktuelnost polja istraživanja ove doktorske disertacije je jasno uočljiva.

Doktorska disertacija detaljno prikazuje dosadašnja istraživanja i saznanja iz oblasti modeliranja problema upravljanja zalihama kao objekta diskretnog upravljanja, kao i primene metaheurističkih metoda na problem upravljanja zalihama za više artikala sa ograničenim skladišnim prostorom.

Uočena je potreba za razvojem algoritama specijalnih heuristika koje mogu značajno ubrzati proces pronalaženja rešenja posmatranog problema (blizu optimalnih), u aplikacijama koje su široko rasprostranjene u primeni u poslovnom svetu (spredšitovi). Sastavni deo ovog istraživanja je definisanje dve nove heuristike za rešavanje višestapnog dinamičkog diskretnog modela zaliha za više artikala u ograničenom skladišnom prostoru, kao i primena spredšitova, odnosno *Visual Basic for Application* okruženja za automatizaciju algoritama pretraživanja.

Takođe, izvođenje dokaza iz eksperimenata o primenjivosti razvijenih heuristika, poređenjem sa već svetski poznatom heurističkom metodom (Metoda promenljivih okolina – VNS, autora dr Nenada Mladenovića, 1997. godina) daje jedan poseban pečat istraživanju prikazanom u ovoj doktorskoj disertaciji, koje daje novu dimenziju u daljem korišćenju i razvoju metoda pretraživanja u spredšitovima.

Takođe, savremenost, potreba i originalnost istraživanja problema upravljanja zalihama se uočava iz rezultata istraživanja u koje je bilo uključeno preko 2800 naučnih radova iz oblasti operacionog menadžmenta objavljenih u poslednje četiri godine. Rezultati ovog istraživanja ukazuju da je najzastupljenija tema u posmatranim radovima bila upravljanje zalihama, a najzastupljenija metodologija za rešavanje ovog problema je bilo matematičko modeliranje i simulacija.

Na osnovu izloženog, može se zaključiti da dobijeni rezultati doktorske disertacije predstavljaju naučni doprinos u odnosu na postojeće stanje u nauci i da otvara prostor za dalja istraživanja.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

Brojna su istraživanja u vezi primene metaheurističkih metoda na probleme upravljanja zalihama za više artikala u ograničenom skladišnom prostoru. Mnogobrojni rezultati publikovani su u časopisima, prezentovani na konferencijama, kao i detaljno predstavljeni u drugim literaturnim oblicima.

Kandidat je u doktorskoj disertaciji koristio savremenu i relevantnu literaturu, čijim korišćenjem je proučio sva dosadašnja relevantna istraživanja i odgovarajuće rezultate u domenu kome pripadaju problemi razmatrani u doktorskoj disertaciji. Korišćena literatura ima karakter naučnog, savremenog i aktuelnog izvora informacija, a osim pregleda postignutih rezultata, ukazuje na pravce mogućeg daljeg naučno-istraživačkog rada u ovoj oblasti.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

Radi testiranja postavljenih hipoteza, u toku izrade disertacije primenjen je veći broj naučnih metoda, od sistematskog pregleda stanja u oblasti istraživanja sa adekvatnim klasifikacijama problema, pristupa, metoda i tehnika, navođenjem literature, preko analize postojećih rezultata i zaključivanjem, sa predikcijom budućih pravaca razvoja. U izradi doktorske disertacije korišćene su sledeće naučne metode:

- U prvom delu disertacije (poglavlja 1, 2, 3) korišćene su metode prikupljanja i analize postojećih naučnih rezultata i dostignuća. U ovom delu doktorske disertacije prikazan je i matematički opisan način formiranja modela objekta diskretnog upravljanja;
- U drugom delu disertacije (poglavlje 4), definisan je višestapni diskretni dinamički model zaliha za više artikala sa ograničenim skladišnim prostorom. Korišćen je matematički aparat za opisivanje modela diskretnim jednačinama i nejednačinama, kao i metode modelovanja i simulacije u spredšitu za ispitivanje i verifikaciju modela.
- Treći deo disertacije (poglavlje 5, 6, 7), posvećen je heurističkom pristupu rešavanju problema upravljanja zalihama za više artikala sa ograničenim skladišnim prostorom. Matematički su opisane predstavljene specijalne heuristike i metodom objektivnog testiranja rezultata izvršeni su numerički eksperimenti za dokazivanje primenljivost postavljenih heuristika. Metodama logičkog zaključivanja i objašnjenja izvršeno je izvođenje zaključaka i definisanje doprinosa doktorske disertacije. Dobijeni rezultati pružaju osnovu za dalju primenu metaheurističkih metoda.

Rezultati istraživanja su prezentovani tekstualno, tabelarno, kroz niz slika i dijagrama sa uporednim rezultatima. Istraživanje prikazano u ovom radu ima multidisciplinarni karakter, koji objedinjuje pojave iz domena operacionog menadžmenta, operacionih istraživanja, upravljanja materijalnim tokovima i spredšit inženjerstva.

Na osnovu analize sadržaja doktorske disertacije, može se zaključiti da primenjene naučne metode i tehnike odgovaraju, po svom značaju i strukturi, temi disertacije i sprovedenom istraživanju.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Rezultati doktorske disertacije mogu imati široku praktičnu primenu u polju upravljanja zalihama u realnim sistemima, u kojima, istovremeno naručivanje više artikala pri ograničenom skladišnom prostoru, predstavlja značajan upravljački problem. Reč je o velikom broju kompanija koje imaju u svom prodajnom programu već broj artikala (od 3 pa

do 25.000), a koje je potrebno naručivati u određenom vremenskom horizontu. Predloženi matematički model objekta diskretnog upravljanja za više artikala je primenjen u kompaniji La Fantana D.O.O. u vidu simulacionog modela sa tri artikla, u cilju planiranja godišnjih budžeta i određivanja minimalnih troškova upravljanja zalihama.

Razvijene heuristike značajno vremenski ubrzavaju proces dobijanja dopustivih rešenja prilikom pretraživanja višedimenzionih oblasti upravljanja. Posebna primenljivost ostvarenih rezultata se ogleda u primeni spredšitova, kao okruženja, za razvoj heurističkih metoda i modela, odnosno okruženja u kome rade eksperti iz prakse, što veoma približava ovu tematiku krajnjem korisniku modela upravljanja.

Stoga, može se reći da je u disertaciji načinjen pionirski poduhvat upravo za jednu vrlo izazovnu, ali kompleksnu problematiku upravljanja zalihama za više artikala, koja svakodnevno generiše ogromne troškove poslovanja u kompanijama, kao i umanjeње logističkih performansi poslovnih sistema, što je u fokusu interesovanja cele poslovne zajednice.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

U toku izrade doktorske disertacije, kandidat mr Slobodan Antić je pokazao sposobnost da sagleda problem istraživanja sa više aspekata i kreativno pristupi njegovom rešavanju. Tom prilikom je pokazao zavidan nivo sistematičnosti u radu kako u teorijskom pogledu, tako i pogledu eksperimentalnog rada.

Na kraju, rezultati koji su prikazani u disertaciji i objavljeni u međunarodnim i domaćim časopisima, ukazuje na svest kandidata o neophodnosti provere postignutih rezultata naučnog istraživanja.

Na osnovu navedenog, smatramo da kandidat mr Slobodan Antić poseduje potrebno znanje i iskustvo za samostalan naučni rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

U okviru doktorske disertacije kandidat mr Slobodan Antić je dao nekoliko osnovnih doprinosa.

- 1) Jedan od osnovnih doprinosa se ogleda u definisanju i primeni nove heurističke metode, odnosno algoritma početne specijalne heuristike koja u dinamičkom diskretnom višetapnom modelu upravljanja zalihama za više artikala sa ograničenim skladišnim prostorom obezbeđuje dobijanje početnog rešenja (broja naručivanja) za naručivanje svih n artikala sa minimalnim ukupnim troškovima zaliha. Predstavljena početna heuristika, prvo, po svakom artiklu pojedinačno (ne uzimajući u obzir druge artikle), traži optimalan broj naručivanja, koji obezbeđuje minimalan trošak naručivanja i zadovoljavanje ograničenja skladišnog prostora (kao da se naručuje jedan artikal u skladištu), ispitujući broj naručivanja od 1 do 365. Kada se za svaki artikal utvrdi minimalan trošak zaliha i optimalan broj naručivanja zaliha, za početno rešenje naručivanja ukupnog broja artikala, uzimaju se sva pojedinačna naručivanja i sabiraju se svi minimalni troškovi držanja zaliha za sve artikle i svi gabariti prostora koji zauzimaju artikli pojedinačno. Na ovaj način dobija se rešenje sa minimalnim ukupnim troškovima, ali sa ograničenjem skladištenja koje nije zadovoljeno, jer su svi artikli u smislu naručivanja naručivani pojedinačno, dok posmatrani u smislu prostora, zajednički, premašuju gabarite skladišnog prostora. Dobijeno početno rešenje je

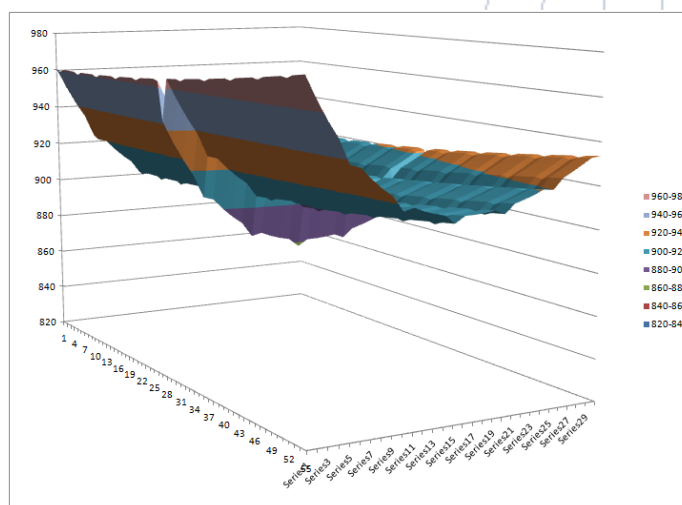
nedopustivo u pogledu skladišnog prostora, dok je optimalno u pogledu troškova. Izlaz iz modela je predstavljen matricom troškova i prostora za broj naručivanja od 1 do 365 puta po svakom artiklu. Izlazna matrica rezultata početne specijalne heuristike omogućava da se kasnije tokom pretraživanja oblasti upravljanja iz ispitivanja isključi ogroman broj kombinacija rešenja, jer se ne tretiraju kombinacije koje ne zadovoljavaju ograničenja prostora pojedinačno po svakom artiklu. Kandidat je dao teorijski i grafički prikaz rezultata eksperimenata početne specijalne heuristike za probleme upravljanja zalihama za 21 i 102 artikla.

- 2) Drugi izuzetno bitan doprinos se odnosi na razvoj nove metode pretraživanja, odnosno specijalne heuristike koja se koristi za pretraživanje oblasti upravljanja. Ova heuristika svoje pretraživanje započinje od rezultata prethodno definisane početne specijalne heuristike. Definisanje početnog nedopustivog rešenja od koga počinje pretraživanje oblasti upravljanja omogućava usmereno „kanalno“ pretraživanje oblasti upravljanja u zadatom pravcu, „kvarenjem“ minimalnih troškova i postepenim „popravljanjem“ ograničenja prostora. Tačno je poznat pravac u kome minimalni troškovi rastu, uz smanjivanje nedopustivosti ograničenja skladištenja, tako da druga specijalna heuristika u veoma kratkom vremeskom intervalu od svega nekoliko minuta, za problem velikih dimenzija (recimo 365^{102}), pronalazi dopustivo rešenje upravljanja, koje zadovoljava ograničenje skladištenja. Predstavljena specijalna heuristika je razvijena u spredu i sastoji se iz dva dela: deo za globalno pretraživanje i deo za lokalno pretraživanje. Prilikom globalnog pretraživanja, promena upravljačkih promenljivih (102 promenljive) se vrši za fiksni korak $\pm k$, pri čemu u jednom procesu dobijanja dopustivog rešenja k ima jednu od vrednosti $k = (5, 10, 15, 20)$. Prelazak iz jednog rešenja u drugo, nakon ispitivanja dopustivosti trenutnog rešenja, vrši se zadatim fiksnim korakom k . Lokalno pretraživanje se vrši samo u oblasti dopustivih rešenja sa potpunim pretraživanjem, odnosno $k=\pm 1$. Kandidat je dao teorijski i grafički prikaz rezultata specijalne heuristike za globalno i lokalno pretraživanje oblasti upravljanja za 21 i 102 artikla.
- 3) Treći značajan doprinos disertacije se odnosi na prilagođavanje postojećih metaheuristika za rešavanje problema upravljanja zalihama za više artikala, što u većini radova (pa i doktorskih disertacija) drugih istraživača predstavlja veoma zastupljen pristup provere i rešavanja problema. Kandidat je izvršio prilagođavanje algoritma dobro poznate metaheuristike, Metode promenljivih okolina - VNS (autora dr Nenada Mladenovića, 1997. godine), za rešavanje ovog specifičnog problema, odnosno razvio je algoritam metode koji pretraživanje počinje iz nedopustivog determinističkog početnog rešenja (definisanog početnom specijalnom heuristikom). Ovim je VNS metoda dobila novu dimenziju primene i značajno unapređen kvalitet pretraživanja ovom metodom za posmatrani dinamički višestapni simulacioni model upravljanja zalihama. Razvijen algoritam VNS metode za rešavanje postavljenog problema upravljanja zalihama ima za cilj poređenje rezultata ove metaheuristike sa rezultatima specijalne heuristike, koji u izvedenim eksperimentima verifikuju usvojeni koncept rešavanja problema upravljanja zalihama.
- 4) Četvrti doprinos je kreiranje simulacionog diskretnog dinamičkog modela odlučivanja u spredu za probleme upravljanja zalihama za više artikala sa ograničenim skladišnim prostorom (model za 21 i 102 artikla), u kome je moguće na jednostavan i verodostojan način prikazati matematičke algoritme metoda pretraživanja oblasti upravljanja. Kandidat je pokazao da spredu predstavlja idealan alat za primenu heurističkih i metaheurističkih algoritama za rešavanje kompleksnih procesa upravljanja zalihama za više artikala, sa ciljem da bude pristupačan širem krugu korisnika u realnim sistemima, što se pokušava da bude uvedeno kao trend u primeni

ovih metoda u velikim domaćim i inostranim kompanijama (primer: kompanija Idea D.O.O., Agrokor).

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

- 1) U okviru iznad prvopomenutog doprinosa, prethodni statički jednodimenzioni EOQ modeli i njegove osnovne ekstenzije su rešavane analitičkim izrazima (formulama) za određivanje ekonomske količine naručivanja. Međutim, sa uvođenjem dodatnih artikala, odnosno pojavom višedimenzionih upravljačkih promenljivih, analitički izrazi postaju beskorisni i rešavanje ovakvih matematičkih modela se vrši egzaktnim metodama za rešavanje nelinearnih optimizacionih problema (GRG metoda - *Generalized Reduced Gradient Algorithm*, koja je sadržana u Solver-u MS Excel-a). Ove metode koriste klasično formalizovane matematičke postupke bazirane na teoriji, pa zato njihova primena garantuje nalaženje optimalnog rešenja. Za primenu egzaktnih metoda optimizacije, postoji dobro struktuiran matematički model problema sa nelinearnim ili linearnim ograničenjima, ali za jedan fiksni vremenski period. Što praktično znači, da ove metode rešavaju probleme manjih dimenzija, u kojima se mogu ispitati sve kombinacije upravljačkih promenljivih. Problemi upravljanja zalihama za više artikala spadaju u domen NP (*eng. Nondeterministic polynomial*) teških problema kombinatorne optimizacije, zbog ogromnog prostora pretraživanja i to su problemi koji se mogu opisati matematičkim aparatom optimalnog upravljanja diskretnim sistemima. Radi se o modelima kod kojih se stanje menja kontinualno, ali se promene registruju na krajevima definisanih vremenskih perioda - diskretni vremenski procesi, za čiji opis ponašanja se obično koriste diskretne jednačine i nejednačine. Vremenski horizont je podeljen na T vremenskih perioda (recimo $T \leq 365$), što znači da se artikli mogu naručivati od 1 do 365 puta godišnje. Ako je u pitanju veći broj artikala ($n > 3$), onda broj kombinacija koji treba ispitati postaje 365^n , što čini ogroman n -dimenzioni prostor pretraživanja (Slika 1.). Višegodišnjim praćenjem problematike upravljanja zalihama za više artikala sa ograničenim skladišnim prostorom, došlo se do potrebe za razvojem specijalne početne heuristike koje omogućava izbegavanje ispitivanja određenih kombinacija rešenja, odnosno koja omogućava da pretraživanje oblasti upravljanja krene od minimuma funkcije troškova i da se „kvarenjem“ ukupnih troškova, kretanjem po „višedimenzionom kanalu“ minimalnih troškova u poznatom pravcu rasta troškova, dođe do dopustivih rešenja problema.



Slika 1. Trodimenzioni izgled dela krive ukupnih troškova za 3 artikla

Na ovaj način se smanjuje prostor pretraživanja unapred definisanim „isključivanjem“ određenih kombinacija rešenja. Predložena početna heuristika definisana

kroz istraživanje je originalan i nov pristup posmatranja načina rešavanja ovog NP teškog problema i validirana je na većem broju eksperimenata.

- 2) Kada se govori o drugom navedenom doprinosu, iz postavljenih istraživanja u literaturi se može videti da se za rešavanje ovih problema koriste već poznate široko upotrebljive metaheuristike. Uglavnom se radi prilagođavanju postojećih metaheuristika za rešavanje ovog problema (genetski algoritmi, memetski algoritmi, algoritam mravljih kolonija, algoritam simuliranog kaljenja, tabu pretraživanje, usmereno lokalno pretraživanje i dr.). Svaki od ovih algoritama odlikuje određena specifičnost, koja predstavlja suštinu metode (metoda zasnovana na jednoj tački ili koloniji rešenja ili je metoda koja koristi memoriju-istoriju pretraživanja). Razvijena specijalna heuristika je iterativna metoda pretraživanja, odnosno metoda koja se zaniva na jednoj tački (traži jednu tačku u svakoj iteraciji) i ne koristi istoriju podataka (memoriju pretraživanja) i nikada se ne vraća u polaznu tačku, odnosno ne poštuje princip širenja okolina iz postojeće tačke. U poređenju sa metodama koje pripadaju istoj klasifikaciji, specijalna heuristika se poklapa sa ostalim metodama samo u pogledu iterativnosti i na nivou lokalnog pretraživanja vrši potpuno pretraživanje oblasti upravljanja. Takođe, od ostalih metoda se razlikuje, jer ne uključuje komponentu slučajnosti u izboru rešenja pretraživanja. Za razliku od većine metoda pretraživanja, koje teže da pretraživanje počnu iz nekog dopustivog skupa rešenja (da bi pretraživanje bilo vremenski i kriterijumski efikasnije), specijalna heuristika na originalan način pretraživanje počinje iz determinističke nedopustive upravljačke tačke. Kako se može primetiti, specijalna heuristika je izuzetno jednostavna, zato što u svojoj primeni koristi „dobro“ početno rešenje (definisano početnom specijalnom heuristikom), koje omogućava brzo kretanje kroz prostor upravljanja i davanje dovoljno dobrih dopustivih rešenja, što daje poseban doprinos ovoj disertaciji, jer se time značajno unapređuje proces rešavanja ovog kompleksnog problema.
- 3) U trećem navedenom doprinosu, može se zaključiti da je za rešavanje postavljenog problema, po ugledu na druge autore, u ovom slučaju, izvršeno prilagođavanje algoritma dobro poznate metaheuristike, Metode promenljivih okolina - VNS (autora dr Nenada Mladenovića, 1997. godine). Razvijen je algoritam metode VNS-a u kojoj pretraživanje počinje iz nedopustivog determinističkog početnog skupa rešenja (definisanog početnom specijalnom heuristikom), što predstavlja značajnu razliku u odnosu na izvorni algoritam metode u kome se koristi slučajna komponentu za izbor promenljivih upravljanja. Na ovaj način je definisana jedna praktična ekstenzija metode VNS-a, a takođe su stvoreni osnovni preduslovi za objektivno poređenje rezultata istraživanja sa specijalnom heuristikom. Treba napomenuti da se u literaturi nalaze primeri rešavanja problema upravljanja zalihama za više artikla metodom VNS-a, ali da uvođenje determinističkog nedopustivog rešenja, kao i razvoja metode u spredšitu, predstavlja jedan nov pristup primene metode VNS-a.
- 4) U četvrtom, navedenom doprinosu, definiše se okruženje odlučivanja, odnosno statički koninualan problem upravljanja zalihama za više artikala se prevodi u dinamički diskretni simulacioni model obekta diskretnog upravljanja. Ovim značajnim rezultatom, pokazano je da upravljački modeli mogu biti realni u vremenu. Suština prilaza je da postoji razvijen dinamički model okruženja odlučivanja u spredšitu, sa objektom diskretnog upravljanja, odnosno: zakonom ponašanja, oblašću upravljanja i ciljnim funkcionalom. Unošenjem vrednosti promenljivih upravljanja u modelu dobijaju se diskretni procesi koji daju različite vrednosti ciljnog funkcionala. Potrebno je naći onaj diskretni proces koji daje minimalnu vrednost ciljnom funkcionalu. Ovim rezultatom omogućeno je dalje razvijanje ekstenzija ovog problema sa novim ograničenjima, menjanjem samo funkcije cilja bez promena zakona ponašanja objekta

diskretnog upravljanja, što značajno smanjuje modelarske napore u kreiranju modela odlučivanja. Na originalan način se predstavlja da se spredšit može koristiti ne samo za linearne i nelinearne optimizacione probleme, već kao moćan alat za razvoj metoda kombinatorne optimizacije za rešavanje NP teških problema, što u daljem razvoju može biti inkorporirano u samom Solver-u spredšit aplikacije.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Kandidat mr Slobodan Antić je naveo spisak radova koji predstavljaju višegodišnji rezultat istraživanja problema upravljanja zalihama, a koji su u neposrednoj ili posrednoj vezi sa temom ove doktorske disertacije.

Kategorija M23:

1. **Antić, S.**, Đorđević, L., Kostić, K., Lisec, A.: Dynamic discrete simulation model of an inventory control with or without shortages, - *Scientific Bulletin, Series A, Applied Mathematics and Physics*, 2014 (**IF = 0.300**), (ISSN 1223-7027) (accepted for publication).

Kategorija M33:

2. **Antić, S.**, Đorđević, L., Čangalović, M., Kostić, K.: „A Metaheuristic Approach to Solving a Multiproduct EOQ-Based Inventory Problem with Storage Space Constraints“, - *BALCOR 2013, Proceedings of the XI Balkan Conference on Operational Research*, ISBN 978-86-7680-285-2, University of Belgrade, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade & Zlatibor, Serbia, 2013.
3. **Antić S.**, Vasiljević D.: “Interpretation of classical EOQ model as the object of discrete control in a spreadsheet“, - *23rd European conference on operational research - EURO XXIII 2009*, Book of Abstracts, p. 221-222, University of Siegen, Bonn, Germany, 2009.
4. **Antić S.**, Đorđević L.: “Case study: Dynamic discrete EOQ model for inventories in water coolers distribution“, - *The 17th International symposium on Logistics - The new horizons in Logistics and Supply chain management – ISL 2012*, Cape Town, South Africa, 08.07.-11.07.2012. Book of Abstracts, ISBN: 978 085358 285 4, 2012.
5. Đorđević L., **Antić S.**, Kostić, K.: “Dynamic discrete spreadsheet EOQ model for educational purposes“, - *31st International Conference On Organizational Science Development, “Quality, Innovation, Future*, CD with Papers, ISBN: 978-961-232-254-0, COBISS.SR-ID260819200, 21-23. III 2012, Portorož, Slovenija, 2012.
6. **Antić S.**, Đorđević L.: „Spreadsheet usability in theory and application of operations management“, - *32nd International Conference on Organizational Science Development “SMART ORGANIZATION”, High Potentials. Lean Organization. Internet of Things*, 20 – 22. III 2013, Portorož, Slovenia, CD with Papers, ISBN 978-961-232-264-9, 2013.
7. Omerbegović-Bijelović, J., **Antić, S.**, Đorđević, L., Rakićević, Z., Atanasov, N.: „Planning tools for SMEs management quality improvement in supply chains: case study in water distribution“, - *VII International conference on logistics in agriculture 2013, Proceedings of the 7th International Conference on Logistics in Agriculture 2013*, ISBN 978-961-6562-85-0, University of Maribor, Faculty of Logistics, Centre of university studies and Research, Novo mesto, Slovenia, 2013.
8. **Antić S.**, Kostić K., Đorđević L., “Spreadsheet model of inventory control based on modern control theory“, - *XIII International Symposium SymOrg 2012, “Innovative management and business performance”, Symposium proceedings*, CD with Papers,

pp. 1365-1373, ISBN 978-86-7680-255-5, Book of Abstracts, Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade, COBISS.SR-ID 191307276, Zlatibor, Serbia, 5-9. VI 2012.

9. Đorđević, L., **Antić, S.**, Lečić-Cvetković, D., „Spreadsheet application in operations management education“, - *XIV International Symposium SymOrg 2014*, „New Business Models and Sustainable Competitiveness“, *Symposium proceedings*, CD with Papers, ISBN 978-86-7680-295-1, Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade, COBISS.SR-ID 191307276, Zlatibor, Serbia, 6-10. VI 2014.

Kategorija M40:

10. Kostić, K., **Antić S.**, Đorđević L.: „Informacioni sistemi preduzeća u MS Excel-u – Zbirka primera“, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, ISBN 978-86-7680-240-1, 2011.
11. Kostić K., **Antić S.**, Đorđević L.: „Upravljački sistemi - Praktikum“, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, ISBN 978-86-7680-250-0, 2011.

Kategorija M45:

12. Grupa autora, **Antić S.**: „Poglavlje u monografiji 4.5: Spređšit inženjerstvo u operacionom menadžmentu“, - *Savremeni trendovi u operacionom menadžmentu*, ISBN/ISSN: 978-961-232-229-8, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2009.

Kategorija M52:

13. **Antić S.**, „Ključni logistički indikatori performansi u skladištima i transportu – 1 deo“, *Poslovna logistika - Specijalizovani časopis za upravljanje lancem snabdevanja*, broj 43, str. 38-42, CIP-Katalogizacija u publikaciji Narodna biblioteka Srbije, Beograd, 658.286+005.5, ISSN 1452-4767=Poslovna logistika, COBISS –ID 129956876, Beograd, Februar, 2013.
14. **Antić S.**, „Ključni logistički indikatori performansi u skladištima i transportu – 2 deo“, *Poslovna logistika - Specijalizovani časopis za upravljanje lancem snabdevanja*, broj 44, str. 42-46, CIP-Katalogizacija u publikaciji Narodna biblioteka Srbije, Beograd, 658.286+005.5, ISSN 1452-4767=Poslovna logistika, COBISS –ID 129956876, Beograd, April 2013.

Kategorija M63:

15. **Antić, S.**, Đorđević, L., Čangalović, M., Lečić-Cvetković, D.: „Metaheuristički pristup rešavanju problema ekonomske količine naručivanja zaliha za više proizvoda sa ograničenim prostorom skladištenja“, - *XLI Simpozijum o operacionim istraživanjima – SYMOPIS 2014*, Zbornik radova, Saobraćajni fakultet u Beogradu, Divčibare, Oktobar 2014. (prihvaćen rad).
16. **Antić, S.**, Đorđević, L.: „EOQ model za više proizvoda sa ograničenim skladišnim prostorom kao objekat diskretnog upravljanja u MS Excel-u“, - *XXXVIII Simpozijum o operacionim istraživanjima – SYMOPIS 2011*, Zbornik radova, ISBN 978-86-403-1168-7, str. 727-731, Ekonomski fakultet u Beogradu, 04-07. X 2011, Zlatibor, 2011.
17. **Antić S.**, Kostić K.: „Interpretacija DEOQ modela sa promenljivim troškovima naručivanja kao objekta diskretnog upravljanja u spredšitu“, - *XXXVII Simpozijum o operacionim istraživanjima SYMOPIS 2010*, Tara 21 - 24.09.2010., Ministarstvo odbrane Republike Srbije, 2010.
18. **Antić S.**: „Interpretacija DEOQ modela kao objekta diskretnog upravljanja u spredšitu“, - *XXXVI Simpozijum o operacionim istraživanjima SYMOPIS 2009*,

- Ivanjica 22 - 25.09.2009., Zbornik radova, str. 727-730, ISBN 978-86-80593-43-2, Matematički institut SANU, Knez Mihajlova 36, Beograd, 2009.
19. **Antić S.:** "Interpretacija klasičnog EOQ modela kao objekta diskretnog upravljanja u spredšitu", - *XXXV Simpozijum o operacionim istraživanjima SYMOPIS 2008*, Soko Banja, Zbornik radova, ISBN 978-86-80593-43-2, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2008.
 20. Đorđević, L., **Antić, S.:** „Ocena kvaliteta analitičkog spredšit modela“, - *YUINFO 2014*, Zbornik radova XX naučno-stručne i biznis konferencije, Kopaonik, Društvo za informacione sisteme i računarske mreže, Beograd, 2014.
 21. **Antić, S.,** Stanišić, M., Đorđević, L.: „Softverska aplikacija u spredšitovima za praćenje materijala i rezervnih delova u magacinu“, - *Konferencija o računarskim naukama i informacionim tehnologijama – YUINFO 2011*, Zbornik radova – CD, ISBN 978-86-85525-08-7, str. 305-309, 06-09. III 2011, Kopaonik, Beograd, 2011.
 22. **Antić S.,** Golubović M., Rakićević Z.: “Jedan primer modela upravljanja zalihama u spredšitovima”, - *Međunarodni simpozijum o računarskim naukama i informacionim tehnologijama YU INFO 2010*, Kopaonik 03. – 06.03.2010, Zbornik apstrakata u el. formatu, str. 104, Beograd, 2010.
 23. Đorđević, L., **Antić, S.,** Kostić, K.: „Upotrebljivost spredšitova u teoriji i praksi“, - *SPIN 2013*, Zbornik radova IX skupa privrednika i naučnika, ISBN 978-86-7680-288-3, Centar za operacioni menadžment, FON, Univerzitet u Beogradu, Srbija, 2013.
 24. **Antić S.:** “Planiranje i upravljanje zalihama upotrebom spreadšitova”, - *IV Skup privrednika i naučnika – SPIN 2006*, Menadžment tehnologije i inovacija-ključni faktor superiornih operacija i konkurentnosti, Zbornik radova, str. 285-289, ISBN 86-7680-096-0, COBISS SR-ID 134954508, Fakultet organizacionih nauka, Institut za proizvodni i operacioni menadžment, Beograd, 2006.
 25. **Antić, S.,** Đorđević, L.: „Projekat razvoja aplikacije za praćenje materijala u magacinu“, - *XV Internacionalni simpozijum iz projektnog menadžmenta – YUPMA 2011*, zbornik radova, ISBN: 978-86-86385-08-6, str. 432-436, Udruženje za upravljanje projektima Srbije, Beograd, 10-12. VI 2011, Zlatibor, Srbija, 2011.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Doktorska disertacija „**Modeli i metode upravljanja zalihama zasnovani na metaheuristikama**“ predstavlja savremen i originalan doprinos naučnom saznanju iz oblasti Tehničkih nauka, uže naučne oblasti Operacioni menadžment. Glavni doprinosi ove disertacije su razvoj i primena specijalnih heuristika za rešavanje problema upravljanja zalihama za više artikala sa ograničenim skladišnim prostorom. Prvo je razvijen dinamički diskretni simulacioni model za više artikala, kao objekat diskretnog upravljanja u spredšitu, na kome je primenom specijalne početne heuristike dobijeno početno nedopustivo rešenje pretraživanja. Dobijanjem polazne upravljačke tačke i na osnovu matrice rezultata iz početne specijalne heuristike, vrši se pretraživanje oblasti upravljanja drugom specijalnom heuristikom. Ova specijalna heuristika vrši pretraživanje usmereno po već poznatoj krivoj troškova u jednom pravcu, odnosno u pravcu rasta minimalnih troškova, dok se ne zadovolji ograničenje prostora. Ulaskom u oblast dopustivih rešenja, lokalnim pretraživanjem vrši se „popravljanje pokvarenih“ troškova. Jedna od glavnih odlika predstavljenih heuristika je smanjivanje prostora pretraživanja i veoma brzo dobijanje dopustivih rešenja. Takođe, u cilju verifikacije i validacije rešenja specijalne heuristike, izvršeno je prilagođavanje algoritma poznate metaheurističke metode promenljivih okolina – VNS, u cilju dobijanja rezultata koji se mogu uporediti sa rezultatima specijalne heuristike. Rezultati ove doktorske disertacije objavljeni su u jednom radu u naučnom časopisu sa impakt faktorom i u više radova na konferencijama od nacionalnog i međunarodnog značaja, kao i u zbornicima sa naučnih skupova.

S obzirom na prikazane rezultate, aktuelnost i multidisciplinarnost obrađenih tema, ova disertacija zadovoljava najviše kriterijume i kvalifikuje kandidata Slobodana Antića za naučno-istraživački rad. Na osnovu navedenog, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Fakulteta organizacionih nauka da donese odluku o prihvatanju ovog Izveštaja i da se doktorska disertacija pod nazivom „**Modeli i metode upravljanja zalihama zasnovani na metaheuristikama**“ kandidata mr **Slobodana Antića** prihvati, izloži na uvid javnosti i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu.

ČLANOVI KOMISIJE:

dr Danica Lečić-Cvetković, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Fakulteta organizacionih nauka

Prof. dr Jasmina Omerbegović-Bijelović, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Fakulteta organizacionih nauka

Prof. dr Mirjana Čangalović, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Fakulteta organizacionih nauka

Prof. dr Milan Martić, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Fakulteta organizacionih nauka

Prof. dr Konstantin Kostić, redovni profesor u penziji,

U Beogradu, 04.07.2014. godine.