

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију</p> <p>На основу члана 77, став 1, Статута Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду, декан факултета, проф. др Раде Дорословачки је дана 25.09.2014. године именовao Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације решењем под бројем 012-72/49-09.</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Др Бојан Срђевић</b>, редовни професор, ужа научна област: Математика, операциона истраживања, вишекритеријумска анализа, 21.01.1998., Пољопривредни факултет Нови Сад, <b>председник комисије</b>,</li> <li>2. <b>Др Катица Шимуновић</b>, редовни професор, ужа научна област: Квантитативне инжењерске методе, експериментална истраживања, планирање и анализа покуса, 27.03.2014., Свеучилиште Јосипа Јурја Штросмајера у Осијеку, Стројарски факултет у Славонском Броду, <b>члан комисије</b>,</li> <li>3. <b>Др Борот Косец</b>, редовни професор, ужа научна област: Процесне технике материјала, 29.05.2012., Универзитет у Љубљани, Природно-технички факултет (гостујући професор Факултета техничких наука у Новом Саду), <b>члан комисије</b>,</li> <li>4. <b>Др Игор Будац</b>, доцент, ужа научна област: Метрологија, квалитет, прибори и еколошко инжењерски аспекти, 03.06.2010., Факултет техничких наука у Новом Саду, <b>члан комисије</b>,</li> <li>5. <b>Др Јанко Ходолич</b>, редовни професор, ужа научна област: Метрологија, квалитет, прибори и еколошко инжењерски аспекти, 06.06.1997., Факултет техничких наука у Новом Саду, <b>ментор</b>.</li> </ol>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Борис, Самуел, Агарски</b></li> <li>2. Датум рођења, општина, држава: <b>13.06.1980., Нови Сад, Република Србија</b></li> <li>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив <b>Факултет техничких наука, Инжењерство заштите животне средине, Дипломирани инжењер заштите животне средине</b></li> <li>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија -----</li> <li>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Назив факултета: <b>Факултет техничких наука у Новом Саду;</b></li> <li>• Назив магистарске тезе: <b>Вишекритеријумска анализа оптерећења животне</b></li> </ul> </li> </ol>

<p>средине;  • Научна област: <b>Инжењерство заштите животне средине;</b>  • Датум одбране: <b>20.11.2009.</b></p>
<p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:  <b>Инжењерство заштите животне средине.</b></p>
<p><b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p> <p><b>Развој система за интелигентну вишекритеријумску процену оптерећења животне средине код оцењивања животног циклуса производа и процеса</b></p>
<p><b>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p>
<p>Докторска дисертација кандидата мр Бориса Агарског под називом „Развој система за интелигентну вишекритеријумску процену оптерећења животне средине код оцењивања животног циклуса производа и процеса“ написана је на српском језику, латиничним писмом и садржи 9 поглавља на 173 страна А4 формата, 142 литературна извора, 60 слика, 16 графика и 50 табела. Истраживања у оквиру докторске дисертације реализована су кроз девет поглавља и то:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Увод (4 стр.);</li> <li>• Вишекритеријумска анализа (30 стр.);</li> <li>• Методе за додељивање тежинских фактора (24 стр.);</li> <li>• Вишекритеријумска анализа и оцењивање животног циклуса (21 стр.);</li> <li>• Развој система за вишекритеријумску процену оптерећења животне средине код оцењивања животног циклуса (35 стр.);</li> <li>• Верификација развијеног система (23 стр.);</li> <li>• Закључак (5 стр.);</li> <li>• Литература (12 стр.);</li> <li>• Прилози 1 и 2 (4 + 80 стр.)</li> </ul>
<p><b>V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p>
<p>У првом поглављу приказана су уводна разматрања везана за предмет истраживања. У истом делу су представљени и циљеви, методе, као и сажета структура дисертације.</p> <p>У оквиру другог поглавља спроведена је анализа метода вишекритеријумске анализе (ВКА), као и њихова систематизација, а урађена је и SWOT (engl. Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats) анализа метода ВКА. На основу резултата овог поглавља су постављене теоријске подлоге за развој модела у петом поглављу.</p> <p>Треће поглавље је фокусирано на методе за додељивање тежинских фактора, са посебним акцентом на анализи њихових карактеристика у погледу субјективности. Извршена је класификација на субјективне, објективне и комбиноване методе додељивања тежинских фактора, уз детаљнији опис карактеристичних метода из све три групе. И у овом поглављу извршена је SWOT анализа метода за додељивање тежинских фактора, са циљем сумирања предности, слабости, могућности и претње код ових метода.</p> <p>Примена ВКА код оцењивања животног циклуса (engl. Life Cycle Assessment - LCA) процеса и производа тема је четвртог поглавља. У оквиру овог поглавља анализирани су различити приступи примењивани са циљем примене метода ВКА на резултате методе LCA. Издвојена су два главна приступа истраживању примене ВКА са LCA: 1) примена ВКА за одређивање тежинских фактора категорија утицаја у оцењивању утицаја животног циклуса, 2) примена ВКА на резултате оцењивања утицаја животног циклуса.</p> <p>Развој система за интелигентну вишекритеријумску анализу је приказан у петом поглављу. Након постављеног модела представљено је развијено програмско решење интелигентног система за вишекритеријумску анализу под називом „IMCAT“ (engl. Intelligent MultiCriteria</p>

Analysis Tool). Развијени модел је описан текстуално и графички помоћу алгоритама, а нагласак је стављен на иновативни приступ за интелигентно интегрисање тежинских фактора који омогућава комбиновање субјективних и објективних тежинских фактора критеријума. Интелигентно интегрисање тежинских фактора реализовано је преко „fuzzy” контролера са три улаза (субјективни, објективни тежински фактори као и однос субјективних и објективних тежинских фактора) и једним излазом (интегрисани тежински фактори).

У оквиру шестог поглавља развијени модел и програмско решење верификовани су кроз два примера. Верификација развијеног модела у првом примеру реализована је при одређивању тежинских фактора за LCA категорије утицаја за четири процеса – депоновање, компостирање, инсинерација и биогасификација. Други пример верификације развијеног модела обухвата вредновање оптерећења животне средине на локалитетима урбаног подручја. У оба примера урађена је анализа осетљивости ВКА резултата променом неколико различитих сетова тежинских коефицијената уз незаобилазну дискусију добијених резултата.

Седмо поглавље садржи закључна разматрања, која обухватају преглед и анализу резултата истраживања, као и критички осврт на развијени систем. Посебно су издвојени научни доприноси истраживања и могући правци будућих истраживања.

У осмом поглављу је дат преглед коришћених литературних извора, који су релевантни и актуелни у односу на област истраживања и селектовани у складу са предметом истраживања.

Последње, девето поглавље садржи два прилога докторске дисертације. У првом прилогу приказане су матрице поређења категорија утицаја аналитичким хијерархијским процесом, док други прилог приказује изворни код развијеног програмског система.

## **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

У току истраживања везаних за тему докторске дисертације кандидат је као аутор и коаутор објавио 19 радова и то:

- 2 рада у међународним часописима (M23 са укупно 10 цитата са SCI листе),
- 2 рада у оквиру предавања по позиву међународног скупа штампаног у целини,
- 6 радова са међународног скупа штампана у целини,
- 2 рада у водећим часописима националног значаја,
- 2 рада у часописима националног значаја,
- 2 рада у научним часописима,
- 2 рада на скуповима националног значаја штампаних у целини,
- 1 рад на скупу националног значаја штампан у изводу,

У наставку је приказан списак наведених радова.

### **Рад у међународном часопису (M23):**

- [1]. **Agarski, B.**; Budak, I.; Kosec, B.; Hodolič, J.: An Approach to Multi-criteria Environmental Evaluation with Multiple Weight Assignment, Environmental Modeling & Assessment, 2012, Vol. 17, No. 3, pp. 256-266., ISSN: 1420-2026.
- [2]. **Agarski, B.**; Kljajin, M.; Budak, I.; Tadić, B.; Vukelić, Đ.; Bosak, M.; Hodolič, J.: Application of multi-criteria assessment in evaluation of motor vehicles' environmental performances, Tehnički vjesnik - Technical Gazette, 2012, Vol. 19, No. 2, pp. 221-226, ISSN 1330-3651.

### **Предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини (M31):**

- [3]. Hodolic, J.; Budak, I.; Vukelic, Dj.; **Agarski, B.**; Hadzistevic, M.: Less Formal Tools for Environmental Management in Production Industry, 2nd International Symposium on Environmental and Material Flow Management “EMFM 2012“, Zenica, B&H, 07-09 June 2012, pp. 01-15, ISBN: 978-9958-617-46-1.
- [4]. **Agarski B.**, Budak I., Vukelić Đ., Kuric I., Hodolič J.: Weighting of impact categories and sensitivity analysis in life cycle assessment, 15. International Conference: Automation in

Production Planning and Manufacturing, Žilina: Faculty of Mechanical Engineering, 19-21 Maj, 2014, pp. 9-14, ISBN 978-80-5540-878-1.

**Саопштења са међународног скупа штампана у целини (M33):**

- [5]. **Agarski, B.**; Budak, I.; Hodolič, J.: Application of multicriterial analysis for assessment of environmental quality, 5th International conference, Quality of Life of the Population of Slovakia in the European Context, Skalica, 2009.
- [6]. **Agarski B.**, Budak, I., Hodolič J., Vukelić Đ.: Multicriteria Approach for Assessment of Environment Quality, 4. International Quality Conference, Kragujevac: Faculty of Mechanical Engineering, 19. May, 2010, pp. 351-359, ISBN 978-86-86663-49-8.
- [7]. **Agarski, B.**; Vukelic, Dj.; Budak, I.; Hodolic, J.; Puskar, T.: The Hierarchical Structure in Healthcare Waste Management, 5. International Quality Conference, Kragujevac: Faculty of Mechanical Engineering, 20. May, 2011, pp. 165-174, ISBN 978-86-86663-68-9.
- [8]. Crnobrnja, B.; **Agarski, B.**; Hodolič, J.; Budak, I.: Application of Multicriteria Analysis in Eco-Labeling, 6th International Quality Conference, 08th June 2012, Kragujevac, pp. 69 –78, ISBN 978-86-86663-82-5.
- [9]. Milanković, D.; Milanović, B.; **Agarski, B.**; Crnobrnja, B.; Ilić, M.; Kosec, B.; Budak, I.: Life Cycle Assessment of an Intermodal Steel Building Unit in Serbia, 11th International Scientific Conference MMA 2012 - Advanced Production Technologies, 20-21 September 2012, Novi Sad, pp. 369-372. ISBN 978-86-7892-429-3.
- [10]. **Agarski, B.**; Milanović, B.; Milanković, D.; Ilić, M.; Budak, I.; Vukelić, Dj.; Hodolič, J.: Application of Analytic Hierarchy Process for Weighting of Impact Categories in Life Cycle Impact Assessment, 7th International Quality Conference, 24th May 2013, Kragujevac, pp. 181-187, ISBN 978-86-86663-94-8.

**Рад у водећем часопису националног значаја (M51):**

- [11]. **Agarski, B.**; Budak, I.; Hodolič, J.; Vukelić, Đ.: Multicriteria Approach For Assessment Of Environmental Quality, International Journal for Quality research, Vol. 4, No 2, 2010, pp. 131-137, ISSN 1800 - 6450.
- [12]. Milanković, D., Milanović, B., **Agarski, B.**, Ilić, M., Crnobrnja, B., Nagode, A., Kosec, B., Budak, I.: Life Cycle Assessment of an Intermodal Steel Building Unit in Serbia, RMZ - Materials and Geoenvironment, Vol. 60, No. 1, 2013., ISSN: 0035-9645.

**Рад у часопису националног значаја (M52):**

- [13]. **Agarski, B.**; Matulová, E.; Budak, I.; Hodolič, J.: Application of multicriterial analysis for assessment of environmental quality, Vedecký obzor (Scientific Horizon), Vol. 2, No 2, Stredoeurópska vysoká škola v Skalici, Skalica, 2010, ISSN 1337-9054.
- [14]. Muransky J., Vukelić Đ., Hodolič J., Tadić B., **Agarski B.**, Simeunović N.: Development a system for environmental and economic analysis of products - EcoCAD, Ecologica, 2011, Vol. 18, No. 61, pp. 57-62, ISSN 0354-3285.

**Раду у научном часопису (M53):**

- [15]. **Agarski, B.**, Budak, I., Puskar, T., Vukelic, Đ., Markovic, D., Hadzistevic, M., Hodolic, J.: Multi-Criteria Assessment of Environmental and Occupational Safety Measures in Dental Prosthetics Laboratories, Journal of Production Engineering, 2012, Vol. 15, No. 1, pp. 53-56, ISSN 1821-4932.
- [16]. Milanković, D., Milanović, B., **Agarski, B.**, Crnobrnja, B., Ilić, M., Kosec, B., Budak, I.: Life Cycle Assessment of an Intermodal Steel Building Unit in Serbia, Journal of Production Engineering, 2012, Vol. 15, No. 2, pp. 99-102, ISSN 1821-4932.

**Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63):**

- [17]. **Agarski, B.**; Budak, I.; Puškar, T.; Vukelić, Đ.; Marković, D.; Hodolič, J.: Objektivni pristup višekriterijumskom vrednovanju kvaliteta mera zaštite na radu u dentalnim laboratorijama, Naučno-stručni skup iz merenja i kontrole kvaliteta u proizvodnom mašinstvu i zaštiti životne sredine - ETIKUM 2013, 12-13 jun 2013, Novi Sad, pp. 83-86, ISBN: 978-86-7892-512-2.
- [18]. Marković, V.; Vukelić, Đ.; **Agarski, B.**; Milanković, D.; Milanović, B.: Review of Methodologies for Supporting Life Cycle Assessment – Ecodesign and Life Cycle Costing, Naučno-stručni skup iz merenja i kontrole kvaliteta u proizvodnom mašinstvu i zaštiti životne sredine - ETIKUM 2013, 12-13 jun 2013, Novi Sad, pp. 199-202, ISBN: 978-86-7892-512-2.

**Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64):**

[19]. Hodolič, J.; Hadžistević, M., Budak, I., Vukelić, Đ., **Agarski, B.**: Procena uticaja proizvodnih procesa na životnu sredinu ocenjivanjem životnog ciklusa sa ciljem unapređenja kvaliteta proizvoda i procesa. Sedmi naučno-stručni skup „InterRegioSci 2014“, 08.05.2014., Novi Sad, Pokrajinski sekretarijat za nauku i tehnološki razvoj.

**VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Полазећи од постављених циљева дисертације, реализована су одговарајућа истраживања, чији се резултати могу поделити у три целине.

Прва целина се односи на теоријски део рада у оквиру кога су створене подлоге за развој модела за интелигентну вишекритеријумску процену оптерећења животне средине код оцењивања животног циклуса производа и процеса. Основни резултати теоријског дела истраживања су:

- Систематизација истраживања у области метода ВКА;
- SWOT анализа метода ВКА;
- Систематизација истраживања у области субјективних, објективних и комбинованих приступа за додељивање тежинских фактора;
- SWOT анализа метода за додељивање тежинских фактора;
- Систематизација истраживања у области примене ВКА код LCA, са посебним акцентом на актуелно стање примене ВКА код LCA где су дефинисана два главна правца развоја ВКА код LCA: додељивање тежинских фактора категоријама утицаја у оцењивању утицаја животног циклуса и примена ВКА на резултате LCA.

Другу целину резултата истраживања чини развој модела за интелигентну вишекритеријумску процену оптерећења животне средине код оцењивања животног циклуса производа и процеса. Ова целина представља централни део истраживања у оквиру дисертације у којој је представљен иновативни приступ за додељивање тежинских фактора и комбиновање субјективних и објективних тежинских фактора, а у оквиру њега и иновативни приступ за моделирање тежинских фактора критеријума. Посебно се могу нагласити предности развијеног модела за интелигентну вишекритеријумску анализу:

- Корисничка флексибилност због могућности избора и комбиновања различитих врста метода ВКА, примени истих код LCA;
- Иновативни приступ примене „fuzzy” логике за решавање вишекритеријумских проблема који у својим информацијама садрже несигурност и моделирања тежинских фактора критеријума „fuzzy” функцијама припадности;
- Могућност комбиновања субјективних преференција два доносиоца одлуке;
- Могућност анализе осетљивости резултата променом ламбда параметра који утиче на однос два одабрана скупа тежинских фактора;
- Поред могућности комбиновања субјективних и објективних тежинских фактора, уколико постоје референтни (подразумевани или претходно израчунати) тежински фактори за специфичан случај вишекритеријумског вредновања, овај приступ омогућује да се исти користе уместо објективних и на тај начин да се комбинују са субјективним тежинским факторима.

Трећу целину резултата истраживања чини развој и верификација програмског решења „IMCAT“, које карактерише:

- Интуитиван и флексибилан кориснички интерфејс за унос података;
- Омогућен рад са више различитих метода ВКА;
- Подржано додељивање тежинских фактора категорија утицаја и вредновање укупног утицаја животног циклуса приликом рада са резултатима метода за оцењивање животног циклуса производа и процеса;
- Одговарајући графички приказ резултата ВКА вредновања, где се нарочито може

<p>истаћи графички приказ оптерећења локалитета животне средине на мапи подручја;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Омогућена размена података са документима у дигиталном запису чиме се обезбеђује одговарајући улаз/излаз података и резултата ВКА вредновања;</li> <li>• Садржи корисничко упутство са описом „ИМСАТ“ програма.</li> </ul> <p>На основу претходно наведене три целине резултата истраживања, може се закључити да су потврђени и остварени постављени циљеви истраживања. Резултати научних истраживања у оквиру ове дисертације значајни су како са теоријског, тако и са практичног становишта за област вишекритеријумског вредновања и система за управљање заштитом животне средине. Вредност резултата докторске дисертације огледа се пре свега у актуелности и широком приступу разматрања проблематике у вези са вишекритеријумским вредновањем и оцењивањем животног циклуса, односно сагледавању могућности и дефинисању начина успешне комбинације ове две методе са циљем добијања укупног утицаја на животну средину.</p>
<p><b>VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА</b></p> <p>Тумачење добијених резултата је јасно, истраживачки коректно, са добро дефинисаним циљевима и закључцима који дају одговор на постављене циљеве. Комисија констатује да су добијени резултати адекватно тумачени, приказани прегледно, уз ослањање на претходне истраживачке резултате у овој области.</p>
<p><b>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p> <p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?</p> <p><b>Дисертација је у целини написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.</b></p>
<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?</p> <p><b>Дисертација садржи све битне елементе</b> научно-истраживачког рада и представља комплетну и заокружену целину. Дисертација је структурирана према принципима који се користе код научно-истраживачког рада. У дисертацији је дата неопходна теоријска основа из области које обухвата тема дисертације уз детаљан приказ добијених резултата. Списак референци садржи релевантне радове и сведочи да је кандидат добро упознао област истраживања. Дисертација је прегледна и добро организована.</p>
<p>3. По чему је дисертација оригинални допринос науци?</p> <p>Оригинални допринос науци ове дисертације представља развијени систем за интелигентну вишекритеријумску анализу оптерећења животне средине који омогућава интегрисање субјективних и објективних тежинских фактора приликом додељивања тежинских фактора LCIA категоријама утицаја. У оквиру развијеног система, у под-модулу за интелигентно додељивање тежинских фактора примењен је иновативни приступ за моделирање тежинских фактора критеријума. Примена методе ВКА за вредновање категорија утицаја интелигентним системом за додељивање тежинских фактора, по први пут је спроведена у овој дисертацији. Резултати научно-истраживачког рада докторске дисертације представљају оригинални рад са апликативним карактером у области ВКА и LCA.</p>
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања:</p> <p><b>Докторска дисертација нема недостатака</b> који би утицали на коначан резултат истраживања.</p>

**X ПРЕДЛОГ:**

**На основу укупне оцене дисертације, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију кандидата мр Бориса Агарског, дипломираног инжењера заштите животне средине, под називом „Развој система за интелигентну вишекритеријумску процену оптерећења животне средине код оцењивања животног циклуса производа и процеса“ и предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Новом Саду и Сенату Универзитета у Новом Саду да поднегу докторску дисертацију и овај извештај прихвате и одобре јавну одбрану.**

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

\_\_\_\_\_  
Др **Бојан Срђевић**, редовни професор - председник

\_\_\_\_\_  
Др **Катица Шимуновић**, редовни професор - члан

\_\_\_\_\_  
Др **Борут Косец**, редовни професор - члан

\_\_\_\_\_  
Др **Игор Будац**, доцент - члан

\_\_\_\_\_  
Др **Јанко Ходолич**, редовни професор – ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.