

Број захтева: _____

Датум: _____

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. став 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

Ивана (Ненад) Михајловића

КАНДИДАТ: **Иван (Ненад) Михајловић**

Пријавила је докторску дисертацију под називом:

РАЗВОЈ АЛГОРИТМА ЗА СЕЛЕКЦИЈУ АДЕКВАТНОГ МОДЕЛА ПРОЦЕСА НА ОСНОВУ СТРУКТУРЕ УЛАЗНИХ ПОДАТАКА

Из научне области: **Инжењерски менаџмент**

Универзитет је дана **10.06.2014.** године својим актом под бројем **61206-2912/2-13** дао сагласност на предлог теме дисертације која гласи: **РАЗВОЈ АЛГОРИТМА ЗА СЕЛЕКЦИЈУ АДЕКВАТНОГ МОДЕЛА ПРОЦЕСА НА ОСНОВУ СТРУКТУРЕ УЛАЗНИХ ПОДАТАКА**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

Ивана (Бранимир) Михајловића

образована је на седници одржаној **25.09.2014.** године, одлуком факултета под бр. **VI/4-19-5.1**, у саставу:

Име и презиме члана комисије / звање / научна област / установа у којој је запослен

1. Др Живан Живковић, ред. професор, инжењерски менаџмент, Технички факултет у Бору, ментор
2. Др Душан Теодоровић, ред. професор, операциона истраживања у саобраћају, Саобраћајни факултет у Београду, члан
3. Др Весна Спасојевић Бркић, ван. професор, индустријско инжењерство, Машински факултет у Београду, члан

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **11.12.2014.** године, под бројем: **VI/4-21-6.2.**

Декан Факултета

Проф. др Милан Антонијевић

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

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-21-7.2.
Бор, 12. 12. 2014. године

На основу чл. 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 11. 12. 2014. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **др Ивана Михајловића**, дипл. инж. металургије под називом: „Развој алгорита за селекцију адекватног модела процеса на основу структуре улазних података“, на који није било примедби.

II Универзитет у Београду је дана 10. 06. 2013. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

III Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

Рад у међународном часопису M21-M23

1. **Mihajlović, I.**, Đurić, I., Živković, Ž. ANFIS based prediction of the aluminium extraction from boehmite bauxite in the Bayer process. Polish Journal of Chemical Technology, 16(1)(2014)103-109. [JCR-IF 2013: **0.474**] (ISSN: 1509-8117)
2. **Mihajlovic, I.**, Štrbac, N., Đorđević, P., Mitovski, A., Nikolić, Đ. & Živković, Ž. Optimum conditions for copper extraction from the flotation waste using factorial experimental design. Environment protection engineering, 38 (2012) 171 – 184. [JCR- IF 2013: **0.439**] (ISSN: 0324-8828)
3. Đorđević, P., Nikolić, Đ., Jovanović, I., **Mihajlović, I.**, Savić, M., Živković, Ž. Episodes of extremely high concentrations of SO₂ and particulate matter in the urban environment of Bor, Serbia, Environmental Research, 126(2013) 204–207. [SCI - IF 2013: **3.951**] (ISSN: 0013-9351).

IV Именовани ће бранити докторску дисертацију пред Комисијом у саставу:

1. др Живан Живковић, редовни професор Техничког факултета у Бору – ментор;
2. др Душан Теодоровић, редовни професор Саобраћајног факултета у Београду – члан;
3. др Весна Спасојевић Бркић, ванредни професор Машинског факултета у Београду – члан.

V Одлуку доставити надлежном Већу научних области Универзитета у Београду, ради давања сагласности. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности именованог Већа Универзитета.

VI О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

Доставити:

- именованом
- Већу научних области Универзитета у Београду
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Милан Антонијевић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Ивана Михајловића

Одлуком Наставно - научног већа Техничког факултета у Бору, VI/IV-19-5.1.1. од 25.09.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Ивана Михајловића под насловом

*Развој алгоритма за селекцију адекватног модела процеса
на основу структуре улазних података*

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Хронологија одобравања у процесу израде докторске дисертације протекла је следећом динамиком:

- Дана 3.8.2004. Године, кандидат је одбранио магистарску тезу, на Техничком факултету у Бору, под називом: „Термодинамичка и кинетичка анализа процеса оксидације арсенових сулфида”,
- Дана 17.04.2013. године Наставно - научног већу поднет је захтев за одобрење теме докторске дисертације,
- Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору бр. VI/4-6-6.1. од 26.04.2013. године, именована је Комисија за оцену научне заснованости пријављене теме за израду докторске дисертације.
- Одлуком бр. VI/4-7-6.1 од 30.05.2013., на седници Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, прихваћен је Извештај о научној заснованости предложене теме за израду докторске дисертације.
- Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 10.06.2013. године, бр. 61206-2912/2-13, донело је одлуку о сагласности на предлог теме за израду докторске дисертације.
- Наставно – научно веће Техничког факултета у Бору на седници одржаној 25.09.2014. године, именовало је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације, која у овој форми подноси свој Извештај.

1.2. Научна област дисертације

Предмет истраживања у докторској дисертацији припада техничко-технолошкој области, научној области инжењерског менаџмента, за коју је Технички факултет у Бору акредитован за сва три нивоа студија. Сама дисертација је из области научног моделовања („scientific modelling“) као области опште теорије система, што спада у ужу област инжењерског менаџмента. Ментор на докторској дисертацији је Др Живан Живковић, редовни професор. Професор Живковић је шеф Одсека за инжењерски менаџмент, Техничког факултета у Бору. Аутор је или коаутор 144 радова публикованих у интернационалним часописима са ЈЦР листе (извор „SCOPUS“ на дан 25.9.2014.). Публиковао је преко 200 радова у националним часописима. Саопштио је више од 300 радова на интернационалним и националним научним скуповима. Радови професора Живковића су цитирани 367 пута (без аутоцитата, према „SCOPUS“ – у, на дан 25.9.2014).

1.3. Биографски подаци о кандидату

Кандидат Иван Михајловић рођен је 14.03.1973. године у Зајечару. У Бору је завршио основну и средњу школу. Технички факултет у Бору, студијски програм Екстрактивна металургија, завршио је 2001. године. Магистарску тезу је одбранио 2004. године, на Техничком факултету у Бору, на одсеку за Екстрактивну Металургију. Потом је, 2006. године, кандидат одбранио докторску дисертација на одсеку за Металуршко инжењерство, Техничког факултета у Бору. Током 2006. године кандидат је стекао међународни сертификат – „Certified Project Management Associate, IPMA level D (IPMA - International Project Management Association)“. Након завршене обуке током 2008. године, кандидат стиче међународни сертификат – „HP GET-IT (Graduate Entrepreneurship Training through Information Technologies)“. Обука је организована од „Hewlett Packard-a (HP)“. Циљ обуке је интензификација увођења ИКТ у предузетништву. Обука је организована у Цириху. Потом 2009. године успешно завршена обука за Мастер тренера програма „GET-IT“ под покровитељством „Hewlett Packard-a (HP)“ и „Micro Enterprise Acceleration Instituta (MEA-I) у Женеви“.

На Техничком факултету у Бору, Универзитета у Београду, кандидат се запослио 1. марта 2001. године. Даљи ток његове каријере, одвијао се на следећи начин:

- Истраживач приправник (од 01.03.2001.-20.12.2001.),
- 19.12.2001. Добија уверење о оспособљености приправника,
- асистент приправник (од 20.12.2001.),
- 06. 12. 2005. изабран за асистента за ужу научну област Индустијски менаџмент. Након овог избора ангажован је у настави на предметима: Управљање производњом и Управљање пројектима.
- У звање доцента за ужу научну област Индустијски менаџмент на Техничком факултету у Бору, изабран је 24.04.2007. године.
- У звање ванредног професора за ужу научну област Индустијски менаџмент на Техничком факултету у Бору, изабран је 27.02.2012. године. Након тога ангажован је у настави на следећим нивоима:

Основне – додипломске студије: Управљање производњом, Теорија система.

Дипломске студије – Мастер: Логистика

Докторске студије: Оперативни менаџмент

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Ивана Михајловића: „Развој алгоритма за селекцију адекватног модела процеса на основу структуре улазних података“, написана је у обиму од 117 стране са 15 табела, 42 слике, 175 литературна цитата, 2 прилога и састоји се од 8 поглавља.

Текст дисертације је распоређен у осам поглавља и то: 1. Увод (Представљено је основна терминологија и концепт моделовања објекта управљања као и основна класификација расположивих метода за моделовање комплексних процеса); 2- Литературни преглед приступа моделовању (Дат је преглед развоја научног моделовања, као и хронолошки опис настанка појединих методолошких приступа моделовању, кроз преглед расположивих референтних извора); 3 – Предмет и опсег истраживања (представљени су циљеви истраживања који су постављени код дефинисања теме дисертације као и полазне истраживачке хипотезе); 4 –Развој алгоритма за селекцију адекватног модела процеса (Описан је поступак развоја алгоритма за селекцију адекватног модела процеса уз практичне примере сваког од приказаних методолошких приступа моделовању. На крају овог поглавља приказан је резултујући алгоритам за селекцију адекватног приступа моделовању процеса на основу структуре улазних података, дат акронимом: „АСАМА“); 5 – Примена АСАМА алгоритма у моделовању реалног технолошког система (У овом поглављу је показана практична примењивост представљеног алгоритма, на примеру моделовања једног комплексног технолошког процеса); 6 – Закључна разматрања (у овом поглављу су дата закључна разматрања о нивоу достигнутих резултата представљених у дисертацији, као и предлози за даље правце истраживања); 7 - Литература (наводи се 175 литературна извора углавном из часописа са ИФ публикованих у новије време што указује на актуелност истраживања); 8 – Публикације које су произашле као резултат истраживања приказаних у дисертацији (у овом поглављу су наведени радови који су публиковани као директни резултат истраживања у оквиру ове дисертације).

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу (Увод) дају се уводне напомене о докторској дисертацији, где се врши преглед и класификација метода моделовања у савременој науци. Такође, дефинише место и улога процедура за селекцију адекватног метода моделовања комплексних процеса, у зависности од структуре улазних података али и карактеристика самог објекта управљања.

У другом поглављу (Литературни преглед приступа моделовању) разматране методе моделовања комплексних техничко-технолошких процеса су дате кроз литературни приказ описа и примене појединачних метода, као и кроз практичне примере савремених аутора из ових области. У оквиру овог поглавља представљен је и методолошки приступ нумеричком моделовању технолошких система, у форми хронологије њиховог научног развоја. Посебан акценат је стављен на однос моделовања система заснованог на теоријској спознаји и моделовања на бази података добијених о систему експерименталним мерењима.

У трећем поглављу (Предмет и опсег истраживања) су дефинисани истраживачки циљеви постављени код дефинисања теме дисертације. Наиме, у овом поглављу је наглашено да је предмет истраживања ове дисертације формирање алгоритма који ће резултовати креирањем најадекватнијих математичких модела, за описивање разматраних комплексних технолошких процеса на нивоу предиктивне ваљаности. При томе, алгоритам ће анализирати примењивост потенцијалних начина за израду финалних модела на основу карактера и структуре полазних података добијених посматрањем или експериментом на разматраном систему. У овом поглављу су описани и циљеви истраживања, као и полазне истраживачке хипотезе, који дају и основни оквир истраживања у дисертацији.

Четврто поглавље (Развој алгоритма за селекцију адекватног модела процеса) је уједно и најзначајнији део дисертације, јер се у њему приказује секвенцијални приступ истраживачког рада у циљу постизања претходно дефинисаних циљева. Сви кораци у развоју алгоритма за селекцију адекватног модела процеса, заснованог на структури улазних података, описани су у овом поглављу и илустровани практичним примерима примене различитих метода израде модела реалних технолошких система који су били предмет истраживања аутора дисертације. Истраживања која су послужила за дефинисање резултујућих модела процеса, била су базирана на прикупљеним подацима из реалних техничких процеса али и на основу експеримената у лабораторијским условима. У случају експерименталних мерења, вршен је претходни дизајн експеримената методом факторског експерименталног дизајна. За дигитално узорковање, припрему података и статистичку обраду пре моделовања коришћени су „СПСС“ и „Оригин Лаб“ софтверски пакети. Процедура моделовања је заснована на примени „СПСС“, „МЛАБ“ и „МАТЛАБ“ софтверских алата. Подаци добијени као резултат развијених модела реалних технолошких система, послужили су да се дефинише алгоритам који је базиран на хијерархијској процедури по принципу стабла одлучивања. На тај начин, полазни подаци који су представљали карактеристичне величине објеката моделовања у разматраним технолошким системима, састојали су се од унапред дефинисаних улазних величина и измерених излазних величина система - предмета оптимизације. Након дигиталног узорковања наведених величина и формирања адекватне базе података, анализа структуре полазних података система вршена је применом адекватних статистичких тестова („Pearson-ova“ корелација, АНОВА, Ф – статистички тест, однос регресија : остатак, анализа колонеарности, фактор пораста варијансе и кондициони индекс). На основу добијених резултата анализе структуре вршена је селекција оптималне методе моделовања. Као алати за израду модела примењене су технике линеарне статистике – Вишеструка линеарна регресиона анализа – МЛРА; нелинеарне статистике – Вештачне неуронске мреже – АНН и методологија фази система закључивања са адаптивном мрежом - АНФИС. На крају овог поглавља је представљен и резултујући алгоритам за селекцију адекватног модела процеса на основу структуре улазних података процеса, дат акронимом АСАМА.

У петом поглављу развијен је оригинални алгоритам за селекцију адекватног модела процеса на основу структуре полазних података (**Algorithm for Selection of Adequate Modeling Approach – ASAMA**). Применом АСАМА алгоритма у моделовању реалног технолошког система тестирана је примењивост самог алгоритма на једном комплексном технолошком процесу. Моделовање применом стабла одлучивања – АСАМА алгоритма, спроведено је на једном сегменту комплексне „Вауер-ове“ технологије производње глинице – стадијум индустријског лужења боксита. Наведени систем је моделован већим бројем различитих приступа што је омогућило компарацију добијених финалних ваљаности модела на основу хијерархијских критеријума представљених у АСАМА алгоритму.

У поглављу шест (закључна разматрања) потенцирани су постигнути резултати истраживања. Наглашена је различитост техника израде математичких модела примењених у овом раду. Истакнуто је да доносилац одлука мора бити у стању да изабере технику

моделовања најадекватнију за конкретни систем који је објекат истраживања. Поново је истакнут велики број индикатора који се могу користити као помоћ у доношењу такве одлуке, који су представљени у оквиру развијеног алгоритма у овој дисертацији. Такође, у овом поглављу је дат и детаљан осврт на потврду постављених истраживачких хипотеза.

Поглавље седам је списак коришћене литературе у којем су коришћени литературни извори представљени по абecedном приказу.

У поглављу осам (публикације које су произашле као резултат истраживања приказаних у дисертацији) представљене су све публикације аутора које су директно резултовале као приказ постигнутих истраживања на овој дисертацији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Моделовање комплексних технолошких процеса, као алат савременог менаџмента операција, у циљу предвиђања исхода – аутпута процеса, у новије време постаје све актуелније, пре свега са аспекта управљања параметрима улаза ових процеса у циљу постизања жељених исхода. На тај начин, у овој дисертацији је извршен покушај да се учини комбиновање најадекватнијих метода квалитативне и квантитативне оцене и селекције појединачних метода моделовања, који би довели до развоја модела процеса довољно високе тачности предвиђања којим би се могла радити симулација рада система у различитим условима и дефинисати оптимална стања. У те сврхе, како би се хипотезе истраживања и предмет моделовања могли практично доказати, формиран је алгоритам хијерархијског типа стабла одлучивања за селекцију адекватног начина моделовања конкретних технолошких процеса. Аквизиција самих података о системима је спровођена било експерименталним путем – мерењем на реалним системима било на основу теоријске спознаје о структури разматраних система. На основу добијених резултата, применом савремених алата линеарне и нелинеарне статистичке анализе, као и алата за развој модела математичких предвиђања, долазило се до финалних модела, којим је могуће предвидети финалне оптималне вредности излаза система.

У публикацијама новијег датума у часописима са ИФ и на специјализованим конференцијама, често се јављају истраживања која се односе на проблематику моделовања комплексних технолошких процеса коришћењем савремених статистичких алата. Међутим, у великом броју случаја се не даје анализа оптималности одабраног начина моделовања, нити се дају разлози за селекцију управо тог метода. С обзиром да се ради о сложеним системима, сваки нови допринос је вредан пажње како са теоријског аспекта, тако и због евентуалне могућности за практичну примену. Из ових разлога истраживање у оквиру ове дисертације се може сматрати савременим, а добијени резултати оригиналним.

Мерења у дисертацији вршена су на самим индустријским постројењима или експериментом у лабораторијским условима након претходног факторског дизајна експеримента. Само моделовање је спроведено применом савремених статистичких алата и лиценцираних софтверских пакета СПСС в.18, МЛАБ и МАТЛАБ.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У току израде ове дисертације коришћено је 175 литературна извора, углавном чланака из часописа са ИФ новијег датума и референтних књига из ове области. Коришћена литература је адекватна, покрива изложену проблематику, савремена је и углавном обрађује радове аутора који обележавају ову област својим референцама и цитатима задњих десетак година. Наравно, у циљу хронологије развоја проблематике научног моделовања као области оперативног менаџмента, цитиран је и одређен број референци које датирају из прошлог века, а које су од суштинског значаја за настанак и развој ове области инжењерског менаџмента.

Најважније референце које су подстакле истраживање налазе се у радовима који се односе на хронологију развоја и кључне моменте у формирању научног моделовања, међу којима су најзначајније:

Galbraith P., Clatworthy, N. Beyond standard models-meeting the challenge of modeling, *Educational Studies in Mathematics*, 21 (1990) 137-163.

Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., Smyth, P. From data mining to knowledge discovery in databases, *Artificial Intelligence Magazine*, 17 (1996) 37–54.

Devasia, S., Nonlinear inversion-based output tracking, *IEE Transaction on Automatic Control*, 41 (7) (1996) 930 – 942.

Demuth, H., Beale M. (2002). *Neural Network Toolbox for use with MATLAB*, Handbook, MathWorks Inc., Natick, MA, USA, p. 238

Dreyfus, G. (Edd.) (2004) *Neural Networks, Methodology and Applications*, Springer- Verlag, Berlin , 2004.

Bridewell, W., Sanchez, J.N., Langley, P., Billman, D., An interactive environment for the modeling and discovery of scientific knowledge, *Int. J. Human-Computer Studies*, 64 (2006) 1099–1114.

Brown, C. (2007). *Differential Equations - A Modeling Approach*. Thousand Oaks, USA: Sage Publications.

Al-Alawi, S.M., Abdul-Wahab, S.A., & Balhait, C.S. Combining principal component regression and artificial networks for more accurate predictions of ground – level ozone. *Environmental Modelling & Software*, 23(2008) 396-403.

Golden, B., Aiguier, M., & Krob, D. Modeling of complex systems II: A minimalist and unified semantics for heterogeneous integrated systems. *Applied Mathematics and Computation*, 2018 (2012) 8039-8055.

Großmann, K., Wiemer, H., Großmann, K.K., *Methods for Modelling and Analysing Process Chains for Supporting the Development of New Technologies*. *Procedia Materials Science*, 2(2013)34-42.

Canete, J.F., Garcia-Cerezo, A., Garcia-Moral, I., Del Saz, P. & Ochoa, E. Object-oriented approach applied to ANFIS modeling and control of a distillation column. *Expert Syst. Appl.* 40(14) (2013) 5648–5660.

Chauhan, S., Singh, M. & Meena, V.K. Comparative study of BOF steelmaking process based on ANFIS and GRNN model. *IJEIT*. 2(9) (2013) 198–202. Retrieved November 15, 2013, from http://ijeit.com/vol%202/Issue%209/IJEIT1412201303_36.pdf

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживање представљено у овој тези је базирано на прикупљању података аквизицијом из реалних техничких процеса али и на основу експеримената у лабораторијским условима. Разлог за анализу моделовања управо техничких система је у чињеници да су подаци из области технологије екстракције бакра, у великој мери доступни за истраживање на Техничком факултету у Бору. Такође, доступни су и подаци из области екстракције алуминијума из фабрике Бирач – Зворник (БиХ), као и подаци других технолошких процеса екстракције како из области обојене тако и из области црне металургије. Ови системи су због своје комплексности и адекватан предмет изучавања процедуре моделовања

За статистичку обраду података коришћени су СПСС програм као и неколико додатних програма и компонената који су од помоћи у дефинисању и обради узорка. Процедура моделовања је заснована на примени СПСС, МЛАБ и МАТЛАБ софтверских алата.

У овом раду су коришћене следеће методе научног истраживања:

1. Анализа и синтеза,
2. Метод компарације,
3. Прикупљање података из реалних техничких система
4. Дизајн експеримената применом факторског дизајна,
5. Аквизиција података као резултат симулације рада система у експерименталним условима,
6. Статистичке методе обраде полазних података (дескрипција, анализа поузданости скупа, факторска анализа адекватности групације променљивих, веза-корелација полазних променљивих, АНОВА, ...),
7. Методе линеарне статистике (МЛРА)
8. Методе нелинеарне статистике примењиве на један опсег улазних величина (АНН)
9. Методе нелинеарне статистике базиране на већем броју опсега улазних величина система (АНФИС),
10. Метода симулације.

Примена наведених метода је резултовала развојем оригиналног алгорита који се може сматрати корисним алатом код избора адекватног начина моделовања комплексних техничко-технолошких система.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати до којих је кандидат дошао поред несумњивог научног доприноса су у великом делу и практично применљиви. Наиме, алгоритам за селекцију адекватног модела процеса на основу структуре улазних података, који је основни резултат ове дисертације може бити од користи доносиоцима одлука у пракси. Процедура развијеног алгоритма може допринети у селекцији најадекватнијег модела разматраног објекта управљања који ће резултовати могућношћу даље оптимизације самог техничко-технолошког система који се анализира. Примењивост наведеног алгоритма је тестирана у пракси на реалном технолошком систему, што је описано у поглављу пет ове дисертације.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кроз урађену докторску дисертацију као и учешћем у изради и публиковању радова изван докторске дисертације (укупно 47 радова у часописима са импакт фактором – податак са „SCOPUS-а“ за 25.9.2014), као и 88 цитата (без аутоцитата) говоре о компетенцији кандидата. Поред тога кандидат има искуства у виду учешћа на пројектима технолошког развоја која финансира Министарство науке и просвете, руковођења и учешћа на интернационалним пројектима финансираним од стране привреде и европских фондова. Од осталих публикација један универзитетски уџбеник, три монографије, три збирке задатака, преко 70 публикација у домаћим часописима и саопштења на домаћим и интернационалним скуповима. Предавања по позиву на универзитетима у Немачкој, Мађарској, Бугарској и Македонији. Чланство у уређивачким одборима и рецензије у водећим интернационалним часописима. Рецензије пројекта за потребе министарства науке и развојних института Чилеа и Казахстана. Кандидат је поред тога и главни уредник интернационалног часописа „Serbian Journal of Management” www.sjm06.com. Кандидат је већ десет година председник организационог одбора Интернационалне Мајске Конференције о Стратегијском Менаџменту ИМКСМ (<http://mksm.sjm06.com>).

На основу свега наведеног, комисија оцењује да је кандидат поред неоспорне оспособљености за самостални научни рад, оспособљен и за учешће у тимском раду, што је битна одредница у савременом научно-истраживачком раду. Досадашњи научни резултати, пре свега публикације у часописима са ИФ и велики број цитата, указују да је кандидат Иван Михајловић, већ стекао изврстан кредибилитет у међународној научној заједници из области у којој је ова дисертација али и да обећава нове научне резултате, који ће превазићи до сада остварене, и након одбране докторске дисертације.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени научни доприноси које је кандидат Иван Михајловић остварио кроз ову докторску дисертацију састоје се у следећем:

- Дефинисан је нови приступ развоју математичких модела комплексних процеса на основу структуре разматраних система и карактера улазних података,

- Извршено је повезавање, на оригинални и систематски начин, расположивих метода моделовања и њихова практична примена у оптимизацији реалних техничких система,
- Уместо коришћења унифицираног приступа за моделовање система, дефинисан је нов оригинални алгоритам који методом хијерархијског стабла одлучивања и анализе врши селекцију најадекватније методологије моделовања комплексних процеса у функцији структуре и карактера улазних променљивих (**Algorithm for Selection of Adequate Modeling Approach -ASAMA**),
- Дефинисан је оригинални факторски дизајн експеримената изучаваних техничких процеса који су предмет моделовања,
- Дефинисана је сензитивност алгоритма на порекло полазних података система (аквизиција из реалног техничког процеса у редовном режиму рада или подаци добијени на основу дизајна експеримента),
- Доказана је примењивост дефинисаног алгоритма на моделовање и оптимизацију реалних техничких система у редовном режиму рада.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Проблематика селекције адекватне методологије моделовања, заснована на структури улазних података, представља веома значајно поље истраживања. Велики број истраживача се бави моделовањем комплексних технолошких система, што је евидентно у савременој стручној литератури. Ипак, нема довољног броја истраживања која се баве систематизацијом потенцијалних метода моделовања а посебно нема довољно истраживања која се баве анализом примењивости појединих модела на конкретним случајевима. У већини истраживања из ове области, аутори не документују разлоге за избор одређене методе моделовања и селекција модела се најчешће заснива на преузимању метода које су користили други истраживачи у моделовању сличних система.

У овој дисертацији је на систематски и логичан начин извршена класификација потенцијалних метода моделовања, а потом је формиран алгоритам који на начин заснован на аргументима даје могућност селекције најадекватније методе у функцији карактеристика и структуре објекта моделовања, што представља потпуно нов приступ изучаваној проблематици.

4.3. Верификација научних доприноса

Категорија M21- M23:

1. **Mihajlović, I., Đurić, I., Živković, Ž.** ANFIS based prediction of the aluminium extraction from boehmite bauxite in the Bayer process. Polish Journal of Chemical Technology, 16(1)(2014)103-109. [JCR-IF 2013: **0.474**] (ISSN: 1509-8117)
2. **Mihajlovic, I., Štrbac, N., Đorđević, P., Mitovski, A., Nikolić, Đ. & Živković, Ž.** Optimum conditions for copper extraction from the flotation waste using factorial experimental design. Environment protection engineering, 38 (2012) 171 – 184. [JCR- IF 2013: **0.439**] (ISSN: 0324-8828)

3. Đorđević, P., Nikolić, Đ., Jovanović, I., **Mihajlović, I.**, Savić, M., Živković, Ž. Episodes of extremely high concentrations of SO₂ and particulate matter in the urban environment of Bor, Serbia, Environmental Research, 126(2013) 204–207. [SCI - IF 2013: **3.951**] (ISSN: 0013-9351).

Категорија M51:

1. Savić, M., **Mihajlović, I.**, Živković, Ž. An ANFIS – based air quality model for prediction of SO₂ concentration in urban area. Serbian Journal of Management, 8 (1) (2013) 25 – 38. (ISSN: 1452-4864).

Категорија M33:

Mihajlović, I., Živković, Ž., Milošević, i., Đorđević, P. Development of the algorithm for selection of appropriate numerical modeling approach, International May Conference on Strategic Management - IMKSM2014 , 23-25 May 2014, Bor, Serbia.

Mihajlović, I., Živković, Ž., Đurić, I., Đorđević., P., Technological process optimization based on numerical modelling approach, 27. – 29. June 2013: 3. Symposium, Environmental Management and Material Flow Management (EMFM 2013).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У дисертацији кандидата Ивана Михајловића добијен је већи број оригиналних резултата, који чине надоградњу досадашњих резултата који су наведени у литератури новијег датума. Резултати који представљају оригиналност ове дисертације односе се на дефинисање новог алгорита за селекцију адекватног начина моделовања комплексних техничко – технолошких система, на основу структуре улазних података и карактеристика самих система. Развој овог корисног алата одлучивања предствљен је преко приказа моделовања реалних технолошких система применом метода линеарне и нелинеарне статистичке анализе. Сам алгоритам који је развијен у овој дисертацији може имати широку практичну примену у моделовању реалних комплексних технолошких процеса. При томе, треба напоменути да у светској литератури још увек нема публикованих радова из области научног моделовања, у којима је представљена овако структурирана методологија селекције адекватног метода моделовања система.

Публиковани резултати из дисертације у часописима са JCR и SCI листе и радови саопштени на интернационалним скуповима, на најбољи начин потврђују ниво остварених резултата кандидата у овом раду.

На основу прегледане докторске дисертације, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације, закључује да урађена докторска дисертација кандидата Ивана Михајловића испуњава све законске и остале услове за јавну одбрану. Такође, Комисија закључује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима о научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, Статутом Техничког факултета у Бору и критеријумима које је прописао Универзитет у Београду.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору да прихвати позитиван извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Ивана Михајловића под називом: „Развој алгоритма за селекцију адекватног модела процеса на основу структуре улазних података“, да исти изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да након тога кандидата позове на јавну одбрану.

У Бору , Октобра 2014.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. Др Живан Живковић, редовни професор- ментор
Универзитет у Београду, Техничког факултета у Бору

-
2. Др Душан Теодоровић, редовни професор, дописни члан САНУ, члан
Универзитет у Београду , Саобраћајног факултета у Београду

-
3. Др Весна Спасојевић Бркић, ванредни професор - члан
Универзитет у Београду, Машинског факултета у Београду
-