

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

### ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног родитеља и име	Дучић, Градимир, Недељко
Датум и место рођења	03.08.1986. године, Прибој.

#### Основне студије

Универзитет	Универзитет у Крагујевцу
Факултет	Факултет техничких наука у Чачку
Студијски програм	Техника и информатика
Звање	Професор технике и информатике
Година уписа	2005
Година завршетка	2009
Просечна оцена	8.85

#### Магистарске студије

Универзитет	Универзитет у Крагујевцу
Факултет	Факултет техничких наука у Чачку
Студијски програм	Мехатроника
Звање	Магистар инжењер Мехатронике
Година уписа	2009
Година завршетка	2010
Просечна оцена	9.37

#### Производне технологије

Назив завршног рада	Примена теорије осцилација при изолацији вибрација технолошких система
---------------------	--

#### Докторске студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Машински факултет у Нишу
Студијски програм	Мехатроника и управљање
Година уписа	2010
Остварен број ЕСПБ бодова	150
Просечна оцена	9.56

### НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Назив теме докторске дисертације	Интелигентно управљање, моделирање и оптимизација процеса ливења
Име и презиме ментора, звање	др Жарко Ђојбашић, редовни професор
Број и датум добијања сагласности за тему докторске дисертације	НСВ 8/20-01-005/16-017, 04.07.2016. године.

### ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна	144
Број поглавља	6
Број слика (шема, графикона)	106
Број табела	28
Број прилога	-

**МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ**

Примљено: 17.11.2016.			
Орг.јед.	Број	Прилог	Бројности
	012-674/16		

**ПРИКАЗ НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КАНДИДАТА  
који садрже резултате истраживања у оквиру докторске дисертације**

Р. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
1	<p><b>Дучић Н.</b>, Милићевић И., Ђојбашић Ж., Манасијевић С., Радиша Р., Славковић Р., Божић М., Intelligent system for automatic control of the process of filling the mold, <i>Int J Adv Manuf Technol</i>, First Online: 11 October 2016 , DOI 10.1007/s00170-016-9552-x.</p> <p>У раду је представљен развој фази и неуро-фази интелигентног система за управљање процесом пуњења калуца у ливници. Управљање је засновано на задовољењу три кључне тачке процеса, и то: прецизан пад млаза, одржавање нивоа константним у уливној чаши и елиминација преливања из уливне чаше. Могућност примене интелигентног управљања у поменутом процесу тестирана је на лабораторијском постројењу, развијеном за наведену сврху.</p>	<b>M22</b>
2	<p><b>Дучић Н.</b>, Ђојбашић Ж., Манасијевић С., Радиша Р., Славковић Р., Милићевић И., Optimization of the Gating System for Sand Casting Using Genetic Algorithm, <i>International Journal of Metalcasting</i>, DOI: 10.1007/s40962-016-0040-8.</p> <p>У раду је представљена методологија унапређења процеса ливења у песку, носача зуба багера, која обухвата примену генетских алгоритама у оптимизацији геометрије уливног система. Примарни циљ оптимизације геометрије уливног система је да максимизује брзину пуњења калуца, узимајући у обзир дефинисана ограничења, као што су модул уливника и Рејнолдсов број. Предмет оптимизације су димезије уливника и висина ливења. На бази вредности оптимизованих величина пројектована је целокупна геометрија уливног система. Примарни циљ оптимизације система храњења одливка јесте смањење утрошка материјала, уз поштовање одговарајућих геометријских лимита. Оптимизовано решење система ливења подвргнуто је нумеричкој симулацији. Након потврде о ваљаности дизајнираног и оптимизованог система уследила је индустријска имплементација.</p>	<b>M23</b>
3	<p><b>Дучић Н.</b>, Ђојбашић Ж., Славковић Р., Јордовић Б., Пуреновић Ј., Optimization of Chemical Composition in The Manufacturing Process of Flotation Balls Based on Intelligent Soft Sensing, <i>Hemijaska industrija</i>, DOI:10.2298/HEMIND150715068D.</p> <p>У овом раду представљена је примена рачунарске интелигенције у моделирању и оптимизацији параметара два повезана производна процеса – флотација руде и производња кугли за флотацију руде. Комбинацијом неуронске мреже и генетског алгорита добијен је хемијски састав и тврдоћа која гарантује најмање хабање кугли у процесу флотације руде. На бази резултата неуро-генетске комбинације, као референтног хемијског састава, креирана је нова неуронска мрежа као интелигентни софтверски сензор у процесу легирања, ради добијања жељеног хемијског састава белог ливеног гвожђа за производњу флотацијских кугли.</p>	<b>M23</b>
4	<p>Ђојбашић Ж., Петковић Д., Shamshirband S., Tongc C. W., Chc S., Јанковић П., <b>Дучић Н.</b>, Баралић Ј., Surface roughness prediction by extreme learning machine constructed with abrasive water jet, <i>Precision Engineering</i>, 2016., Vol. 43, pp. 86–92, DOI:10.1016/j.precisioneng.2015.06.013.</p> <p>У овом раду моделиран је процес сечења воденим млазом, са циљем успостављања зависности између храпавости површине и параметара резања (дебљина предмета обраде, проток и брзина резања). Како би се обезбедили подаци за моделирање процеса извршени су обимни експерименти са различитим режимима резања. Коришћене технике у моделирању процеса су: екстремно машинско учење, генетско програмирање и неуронске мреже. Извршена је компаративна анализа резултата коришћених техника у предикцији храпавости и изнесен закључак да је екстремно машинско учење дало боље резултате у поређењу са наведеним коришћеним техникама. Примена неуро мрежа у овом истраживању представља важан сегмент истраживачког рада кандидата на докторату.</p>	<b>M21</b> (SCI, SCIE)
5	<p>Славковић Р., Арсовски С., Вег А., Југовић М., Јовичић А. <b>Дучић Н.</b>, Casting Process Optimization by the Regression Analysis Applied on the Wear Resistant Parts Molding, <i>Technical Gazette</i>, Vol. 19 No. 1, pp. 141-146, 2012.</p> <p>У овом раду, спроводећи свеобухватно истраживање процеса ливења делова отпорних на хабање (ливење белог гвожђа), успостављена је значајна корелација између технолошких параметара (температура, време старења у калупу и проток расхладног средства) и тврдоће финалног производа. Основна теорија Вох-Вилсонове методе градијента чинила је основу за дефинисање кохерентности параметара процеса будући да је њихова дисперзија у испитиваном процесу релативно мала. Главни је циљ експеримента била дефиниција оптималних услова ливења. Стога су идентификоване различите технолошке руте и модификације у процесу ливења док се није постигао најбољи резултат. Циљна је функција у почетку имала облик хипотезе, али је касније добила конзистентан облик применом статистичких података добијених експериментом, оптимизацијом процеса и управљањем процесом на бази емпиријске повратне везе. Рад представља почетна истраживања кандидата у области ливарства и на својеврстан начин дефинише даље истраживачке правце кандидата у раду докторске дисертације.</p>	<b>M23</b>
6	<p>Славковић Р., Југовић З., Милићевић И., Поповић М., <b>Дучић Н.</b>, Недељковић Б. Simulation Methodology as the Basis of CAD/CAM/CAE Design of Dynamically Loaded Castings in Machine Building, <i>Metalurgia International</i>, (2012), vol. 17 br. 4, str. 19-26.</p>	<b>M23</b>

	<p>Заједно са практичним знањем из ливница, програми за симулацију се користе да би процес ливења боље разумели и лакше управљали њиме. Цео процес од пуњења течног метала у калуп до очвршћавања и исхране је доступан, а „хладно ливење” на рачунару омогућава да се побољша процес. У овом раду представљен је концепт примене CAD/CAE/CAM технологија у конструисању и симулацији процеса производње два дела зуба роторног багера. MAGMASOFT софтвер је коришћен за симулацију технолошког процеса ливења. Овај приступ се показао као веома добар за испуњење строгих захтева квалитета уз минималан ризик од грешке у технолошком процесу ливења. Рад представља почетна истраживања кандидата у области ливарства на својеврстан начин дефинише даље истраживачке правце кандидата у раду докторске дисертације.</p>	
7	<p><b>Дучић Н., Ђојбашић Ж., Радиша Р., Славковић Р., Милићевић И.,</b> CAD/CAM design and the genetic optimization of feeders for sand casting process, <i>FACTA UNIVERSITATIS Series: Mechanical Engineering</i>, 14 (2), 2016.</p> <p>У раду је представљена методологија оптимизације и дизајна система храњења за процес ливења у песку. Процес дизајна и оптимизације заснован је на примени правила која су резултат дугогодишњег рада истраживача у области ливења метала. Комбинација CAD система и генетског алгоритма дала је оптимално решење система храњења чија је ваљаност верификована нумеричком симулацијом.</p>	M51
8	<p>Милтеновић В., <b>Дучић Н.,</b> Славковић Р., Радоњић С., Бошковић Н., Increase of the operating life of a mould during the casting process of flotation balls with the aid of triz method, <i>FACTA UNIVERSITATIS Series: Mechanical Engineering</i>, Vol. 10, No 1, 2012, pp. 31 – 40.</p> <p>У раду је представљена примена ТРИЗ методе у области ливарства, као методологија решавања проблема која почива на систематичном и логичком приступу развијеном на основу студиозног изучавања великог броја патената. Један од фактора који утичу на ефективност процеса ливења флотацијских кугли је хабање алата за ливење кугли (кокила). Као карактеристика система коју треба умањити истиче се смањење хабања алата. Функција која се уводи је заштитна алата, која се спроводи на начине добијене коришћењем Алштулерове матрице. Рад представља почетна истраживања кандидата у области ливарства и на својеврстан начин дефинише даље истраживачке правце кандидата у раду докторске дисертације.</p>	M51
9	<p><b>Дучић Н., Ђојбашић Ж.,</b> Славковић Р., <i>Floating balls wear rate prediction using back propagation and RBF neural networks</i>, The 8th International Symposium KOD 2014, Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering, Proceedings, pp.211-214, Hungary, Balatonfüred (2014).</p> <p>У овом раду коришћена су два различита типа неуронски мрежа са циљем да се предвиди ниво хабања флотацијских кугли. Ниво хабања кугли у процесу флотације руде, моделиран је у функцији њиховог хемијског састава (C, Cr, Mn, Si) и тврдоће (HRC). Мрежа која користи алгоритам са пропагацијом грешке уназад, и чија је архитектура 5-5-1, показала је већу способност од мреже која користи Гаусову функцију као активациону функцију неурона.</p>	M33
10	<p><b>Дучић Н., Ђојбашић Ж.,</b> Славковић Р., Марковић Н., GA and PSO Optimization of Feeders for Sand Casting Process, Proceedings of the XIII International Conference SAUM, Niš, Serbia, 2016.</p> <p>Рад представља напредну примену генетских алгоритама и метода ројева честица за оптимизацију хранитеља код ливења у песку. Разматра се ливење носача зуба багера, а предмет оптимизације су број, пречник и висина хранитеља. Оптимизација је базирана на примени правила која су развијена на основу искуства у области ливења. Код дизајнирања хранитеља и симулације процеса ливења коришћене су CAD/CAM методологије. Упоређени су резултати добијени применом две различите методологије метахеуристичке оптимизације.</p>	M33
11	<p><b>Дучић Н., Ђојбашић Ж.,</b> Славковић Р., The Application of Neural Network in Managing White Cast Iron Production, Proceedings of the 2nd international scientific conference "Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications" COMETA2014, East Sarajevo – Jahorina, 2014, ISBN 978-99976-623-2-3.</p> <p>У раду је представљена методологија моделирања процеса добијања белог ливеног гвожђа у индукционој пећи, употребом неуронске мреже. Главни циљ предложене неуронске мреже је управљање процесом легирања у функцији добијања жељеног хемијског састава белог ливеног гвожђа. Природа процеса топљења је комплексна, између осталог због динамике нелинеарних хемијских реакција. Неуронске мреже су у стању да идентификују унутрашње релације кроз процес обуке. За изградњу модела неуронских мрежа са пропагацијом грешке уназад, коришћени су подаци из компаније "ИКГ Гуча". Фаза тестирања потврдила је оправданост употребе неуронске мреже као софтверског алата за управљање процесом легирања у циљу добијања жељеног хемијског састава.</p>	M33
12	<p><b>Дучић Н., Ђојбашић Ж.,</b> Славковић Р., Милићевић И., Оптимизација система ливења носача зуба багера ведричара, 40. Јупитер конференција са међународним учешћем, Београд, 2016.</p> <p>У раду је представљена методологија унапређења процеса ливења у песку, носача зуба багера, која се огледа у оптимизацији геометрије уливног система. Примарни циљ оптимизације геометрије уливног система је да максимизује брзину пуњења калупа, узимајући у обзир дефинисана ограничења, као што су модул уливника и рејнолдсов број. Предмет оптимизације су димазације уливника и висина ливења.</p>	M63

**НАПОМЕНА:** уколико је кандидат објавио више од 3 рада, додати нове редове у овај део документа

## ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидат испуњава услове за оцену и одбрану докторске дисертације који су предвиђени Законом о високом образовању, Статутом Универзитета и Статутом Факултета.

ДА

Одлуком Научно-стручног већа за техничко-технолошке науке бр. 8/20-01-005/16-017 од 04.07.2016. године дата је сагласност на тему ове докторске дисертације и тиме усвојена оцена Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације да кандидат испуњава све потребне услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Нишу и Статутом Машинског факултета Универзитета у Нишу за стицање права на пријаву теме и израду докторске дисертације.

Кандидат је у међувремену поднео радну верзију докторске дисертације одговарајуће садржине, обима и квалитета, у складу са одобреном темом докторске дисертације.

## ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације (*до 500 речи*)

Дисертација је организована у шест поглавља, кроз која су предложени поступци за унапређење процеса ливења засновани на примени метода вештачке интелигенције уз коришћење савремених софтверских пакета за моделирање и нумеричку симулацију процеса ливења. Претходе им резиме на српском и енглеском језику, садржај и листе табела и слика. На крају се налази литература са списком од 132 референце.

У уводном поглављу истакнути су основи процеса ливења и метода рачунарске интелигенције. Кроз уводни део такође је дат преглед литературе са освртом на примену метода рачунарске интелигенције на шири спектар производних технологија, као и исцрпан преглед примене метода рачунарске интелигенције у области ливарства. Коначно, уводни део се завршава приказом предмета истраживања и примењених научних метода.

Друго поглавље садржи опис метода рачунарске интелигенције примењених у дисертацији. Кроз текст другог поглавља изложени су теоријски садржаји о неуронским мрежама, методама глобалне оптимизације, фази и неуро-фази системима.

У трећем поглављу представљена је методологија моделирања процеса топљења метала. Реализовано истраживање унапредило је процес топљења метала, у смислу добијања жељеног хемијског састава. Истраживање је укључило и развој интелигентног софтверског сензора за управљање процесом легирања, као и развој решења за интеграцију два међусобно повезана производна процеса. Повезивање производних процеса и развој интелигентног софтверског сензора базирано је на комбинованој примени неуронских мрежа и генетског алгоритма. Подаци на којима се темељи истраживање прикупљени су у индустријским комплексима "РТБ Бор" и "ИКГ Гуча".

Четврто поглавље је посвећено представљању методологије конструисања оптималног система ливења за одливке комплексне геометрије, који треба да одговори захтевима за високим квалитетом одливка и уштедом материјала. Предмет истраживања је процес ливења у песку носача зуба багера из Рударског басена Колубара. Генетски алгоритам и оптимизација ројем честица, као оптимизационе технике засноване на биолошким процесима, употребљене су за дефинисање кључне геометрије система ливења, као и геометрије система храњења одливка. Савремени софтверски системи PTC Creo 2.0 Academic Edition и MAGMASOFT употребљени су у фазама моделирања система ливења и нумеричке симулације процеса ливења у песку.

У петом поглављу су представљене могућности примене интелигентног управљања, заснованог превасходно на фази и неуро-фази системима, у производном процесу ливења. У ту сврху представљена је идеја аутоматизованог погона у ливници, а затим је развијен лабораторијски симулатор ливења који је коришћен као експериментална опрема у истраживању. Његове функције приближене су реално остварљивом индустријском аутоматизованом погону. Основни циљ управљања, поред побољшања услова рада за производне раднике, представља и прецизно пуњење калуца. Појам прецизно пуњење калуца дефинисан је са три кључна захтева током процеса. Први је прецизно падање млаза у уливну чашу, други је одржавање константног нивоа истопљеног метала у чаши и коначно трећи је елиминисање преливања истопљеног метала из калуца. Сва три захтева су задовољена креираном интелигентном управљачком структуром.

У шестом поглављу су представљени закључци и правци даљих истраживања.

## ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације (до 200 речи)

Кандидат је успешно остварио постављене циљеве из пријаве докторске дисертације. Потврђена је хипотеза да је активности у производним процесима ливења могуће унапредити техникама рачунарске интелигенције, што за последицу има унапређење производње у смислу ефикасности, економичности и квалитета. Представљена истраживања су обухватила више научноистраживачких праваца. Успешно је представљена примена техника рачунарске интелигенције у моделирању, оптимизацији и управљању процесима у ливници.

Применом техника рачунарске интелигенције приказано је управљање процесом легирања, као и интеграција два међусобно повезана производна процеса. Истраживачки циљеви постављени за оптимално конструисање система ливења су успешно остварени. Комбинацијом CAD/CAM система и оптимизационих техника креирана су оптимална решења уливног система и система храњења за одлив комплексне геометрије. Истраживачки циљ који се односи на унапређење процеса пуњења калупа кроз развој одговарајућег интелигентног управљачког система, такође је успешно остварен. Управљачки задатак, који је дефинисан трима тачкама: прецизност пада млаза у уливну чашу, одржавање константног нивоа у чаши и елиминисања преливања из калупа, успешно је решен применом техника рачунарске интелигенције.

Дакле, кроз реализацију постављених циљева у поднетој докторској дисертацији предложено је унапређење процеса у ливарству са више аспеката, применом више разнородних али комплементарних техника рачунарске интелигенције.

#### Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације (до 200 речи)

Обрађивана тема докторске дисертације је значајна и актуелна, у научном и практичном смислу. Део резултата, непосредно проистеклих из истраживања везаних за ову дисертацију, већ је верификован публиковањем у високо ранжираним часописима, као и у Зборницима с међународних и домаћих конференција. Поднета докторска дисертација представља оригиналан и вредан научни и стручни допринос кандидата, док се као најзнајнији могу истаћи следећи резултати:

- Развијена је методологија примене неуронских мрежа у моделирању процеса топлења метала и управљању процесом легирања.
- Представљена је методологија интеграције два међусобно повезана производна процеса применом неуронских мрежа и генетског алгорита.
- Развијена је нова методологија оптималног конструисања уливног система комплексних одливака, заснована на генетској оптимизацији, оптимизацији ројем честица и нумеричкој симулацији.
- Представљена је нова методологија оптималног конструисања система храњења сложених одливака, заснована на метахеуристичкој оптимизацији и нумеричкој симулацији.
- Предложена је методологија фази и неуро-фази управљања процесом пуњења калупа у лабораторијским условима, уз развој лабораторијског експерименталног симулатора.

#### Оцена самосталности научног рада кандидата (до 100 речи)

Може се констатовати да је кандидат испољио висок ниво самосталности у раду, пре свега у анализи научних сазнања у областима истраживања (методе рачунарске интелигенције, моделирање, управљање, оптимизација, ливарство) и иницирању нових истраживања, као и оригиналност у осмишљавању и креирању научних и стручних решења. Резултати истраживања спроведених у оквиру рада на докторској дисертацији публиковани су у еминентним часописима и уверљиво потврђују да је кандидат оспособљен за самосталан рад.

#### **ЗАКЉУЧАК** (до 100 речи)

На основу изложене анализе докторске дисертације и увидом у публиковане научне радове кандидата, чланови Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације констатују да поднета докторска дисертација у потпуности одговара теми прихваћеној од стране Наставно-научног већа Машинског факултета у Нишу и Научно-стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Нишу и да представља оригиналан и вредан допринос у области моделирања, управљања и оптимизације процеса ливења применом техника рачунарске интелигенције.

Имајући у виду наведено, Комисија предлаже Наставно научно већу Машинског факултета у Нишу да се поднесу рукопис кандидата **Недељка Дучића**, мастер инжењера мехатронике, под називом:

**„ИНТЕЛИГЕНТНО УПРАВЉАЊЕ, МОДЕЛИРАЊЕ И ОПТИМИЗАЦИЈА ПРОЦЕСА ЛИВЕЊА“**

прихвати као докторска дисертација, а кандидат позове на усмену јавну одбрану.



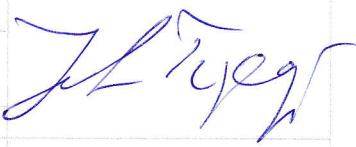

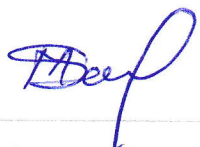
### КОМИСИЈА

Број одлуке ННВ о именовању Комисије

8/20-01-007/16-022

Датум именовања Комисије

26.10.2016. године

Р. бр.	Име и презиме, звање		Потпис
1.	др Властимир Николић, редовни професор	председник	
	Аутоматско управљање и роботика (Научна област)	Машински факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
2.	др Жарко Ђојбашић, редовни професор	ментор, члан	
	Аутоматско управљање и роботика (Научна област)	Машински факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
3.	др Предраг Јанковић, ванредни професор	члан	
	Производни системи и технологије (Научна област)	Машински факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
4.	др Милан Ристановић, ванредни професор	члан	
	Аутоматско управљање (Научна област)	Машински факултет у Београду (Установа у којој је запослен)	
5.	др Срећко Манасијевић, научни сарадник	члан	
	Металургија – ливарство (Научна област)	Лола институт Београд (Установа у којој је запослен)	

Датум и место:

10.11.2016.год.

У Нишу и Београду