

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

### ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног родитеља и име	Ристић Слободан Милош	<b>МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ</b> Примљено: 09.12.2016. <table border="1" style="font-size: small;"> <tr> <th>Орг. јед.</th> <th>Број</th> <th>Прилог</th> <th>Редности</th> </tr> <tr> <td></td> <td>012-714/16</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Орг. јед.	Број	Прилог	Редности		012-714/16		
Орг. јед.	Број		Прилог	Редности						
	012-714/16									
Датум и место рођења	15. 01. 1978. год.; Ниш									
<b>Основне студије</b>										
Универзитет	Универзитет у Нишу									
Факултет	Машински факултет									
Студијски програм	Производно машинство									
Звање	Дипломирани машински инжењер									
Година уписа	1996.									
Година завршетка	2005.									
Просечна оцена	8,32									

### Мастер студије, магистарске студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Машински факултет
Студијски програм	Производно машинство
Звање	Магистар машинских наука, област производно машинство
Година уписа	2005.
Година завршетка	2012.
Просечна оцена	10,00
Научна област	Машинско инжењерство / Производно-информационе технологије
Наслов завршног рада	Пројектовање производа са аспекта технологичности

### Докторске студије

Универзитет	
Факултет	
Студијски програм	
Година уписа	
Остварен број ЕСПБ бодова	
Просечна оцена	

### НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске дисертације	Анализа технологичности персонализованих имплантата методама вештачке интелигенције
Име и презиме ментора, звање	др Миодраг Манић, редовни професор
Број и датум добијања сагласности за тему докторске дисертације	Одлука број 8/20-01-005/16-021, датум: 04.07.2016. год.

### ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна	249
Број поглавља	10
Број слика (шема, графикана)	87
Број табела	32
Број прилога	-



**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>Ristić, M., Manić M., Mišić D., Kosanović M., Mitković M., „Implant Material Selection Using Expert System“.</b> Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering (Accepted for publishing: 28.09.2016.) ISSN: 0354-2025</p> <p><i>Персонализовани имплантати су геометријски и тополошки у потпуности прилагођени потребама пацијента, што сваки овакав имплантат чини јединственим. Њихова израда захтева сарадњу мултидисциплинарног тима стручњака различитих специјалности који ће своје знање уградити у базу знања имплантата. Због тога је у овом раду развијен експертни систем који ће помоћи у процесу селекције материјала, чак и када сам експерт није присутан, или није део тима. Уградњом базе података о материјалима и краирањем базе знања у виду правила, постављен је концепт експертног система за анализу технолоичности. Модел је успешно тестиран на примеру волуметријског коштаног имплантата и пружа важну подршку у планирању медицинских операција.</i></p>	M24
2	<p><b>Ristić, M., Manić, M., Mišić, D., Kosanović, M., „Expert System for Implant Material Selection“.</b> In: Konjović, Z., Zdravković, M., Trajanović, M. (Eds.) ICIST 2016 Proceedings Vol.1, pp.86-90, 2016.</p> <p><i>У случају сложеног процеса израде персонализованих имплантата, који се одвија на различитим локацијама и између различитих компанија, неопходно је обезбедити квалитетну колаборацију људи и процеса. То се може постићи помоћу система за праћење пословних токова као што је Workflow Management System (WfMS). У неким посебним задацима, као што је анализа технолоичности, неопходно је WfMS надоградити системом за подршку одлучивању. Рад приказује пример система за подршку одлучивању за пројектовање, производњу и уградњу персонализованих имплантата као надоградњу WfMS-а. Задатак овог експертног система је избор биоматеријала (или класе материјала) за персонализовани имплантат, како би предложио технолошки поступак израде имплантата. Овај модел значајно унапређује ефикасност WfMS-а у планирању ортопедских захвата.</i></p>	M33
3	<p><b>Ristić, M., Manić, M., Cvetanović, B., „Framework for early manufacturability and technological process analysis for implants manufacturing“.</b> In: Zdravković, M., Trajanović, M., Konjović, Z. (Eds.) ICIST 2015 Proceedings Vol.2, pp.460-463, 2015.</p> <p><i>Персонализовани имплантати су дизајнирани да у поступности одговоре захтевима и потребним специфичностима самог пацијента. Као такви, персонализовани имплантати имају изузетно сложјену геометријску форму. Поред тога њихова непоновљивост битно одређује технолошки поступак израде. Рад представља оквир за рану процену технолоичности и технолошког поступка у производњи имплантата. Приказани аутоматизовани процес пројектовања и конструисања имплантата реверзним инжењерством подржан је савременим CAD алатима и методама вештачке интелигенције. Оквир указује на могуће технологије израде 3Д модела динамичког TPL фиксатора.</i></p>	M33
4	<p><b>Ristić M., Manić M., Cvetanović B., „Manufacturability Analysis of Die-Cast Parts“,</b> Proceedings of 34th International Conference on Production Engineering, 28.-30. September 2011, University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, pp. 223 – 226.</p> <p><i>Овај рад обрађује анализу технолоичности на примеру производа израђеног поступком ливења. Као предуслов анализи технолоичности, рад наглашава значај параметарски пројектованог производа употребом техничких елемената. Затим су сагледана ограничења процеса у виду геометрије као и производних могућности за њихову израду. Примери добре праксе и њихове препоруке (нпр. избегавања оштрих ивица, обликовање углова, итд.), као и технолоичност индивидуалних техничких елемената, такође су узети у разматрање. Приказани производ (кућиште мултипликатора) је пројектован помоћу CATIA V5 софтверског пакета, а модул „Knowledgeware“ употребљен је за унос претходно дефинисаних ограничења употребом правила и провера. На крају, дат је приказ анализе технолоичности делова, компоненти и самих карактеристика (тежина, максимална дебљина зида, дебљина ребара, заобљеност ивица). За сваки од наведених атрибута дата је препорука, односно извршена је процена технолоичности.</i></p>	M33
5	<p><b>Ristić, M., „Tehnološka ograničenja brzih proizvodnih tehnologija“.</b> IMK-14 – Istraživanje i razvoj, IMK „14. oktobar“ Kruševac, 2011., vol. 17, no. 1, pp. 25-31.</p> <p><i>Технолошке могућности производа постављају извесна ограничења у процесу израде производа и треба их сагледати у најранијим фазама пројектовања производа. Поред јасних ограничења као што су ограничења у погледу радног простора или врсте материјала који се може користити за процес обраде, адитивне технологије се одликују и оријентисаношћу модела у радном простору и креирањем носећих структура. Након тога дат је преглед технолошких ограничења одређених RP технологија, где се истичу две важне карактеристике: минимална дебљина слоја и најмања величина детаља. На крају, приказане су упоредне карактеристике технолоја и њихових геометријских могућности, тачности и флексибилности материјала. Дат је и осврт на постпроцесуирање у извесним поступцима.</i></p>	M53
6	<p><b>Ristić, M., Pavlović, M., „Procena tehnoloičnosti konstrukcije upotrebom tehničkih elemenata“.</b> Zbornik radova Visoke tehničke škole strukovnih studija u Nišu, VTS Niš, 2014. god., str. 37-40.</p> <p><i>Технолоичност конструкције као мера израђљивости производа веома је важна у условима данашње производње и потребе да се производ нађе на тржишту у најкраћем временском року и са конкурентном ценом. У овом раду описан је значај пројектовања производа употребом техничких елемената како би се извршила рана процена технолоичности адекватним софтвером. Савремени софтверски пакети омогућују имплементацију знања о производу и процесима у сам модел, чиме геометријски модел производа постаје виртуелни модел производа са свим неопходним елементима за његову производњу. На крају рада, дат је пример процене технолоичности конструкције помоћу софтвера који помаже пројектанту у процесу доношења коначне одлуке.</i></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

Кандидат мр Милош С. Ристић, дипл. маш. инж. поднео је 03.03.2016. год. одсеку за наставу и студентска питања Машинског факултета у Нишу захтев бр. 612-181/2016 за одобрење теме докторске дисертације под називом "Анализа технолоичности персонализованих имплантата методама вештачке интелигенције".

Наставно-научно веће Машинског факултета у Нишу на седници одржаној 26.05.2016. год., а на основу Извештаја Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације број 612-324/10, одлуком бр. 612-338-6/2016 усвојило је предложену тему докторске дисертације и предложило др Миодрага Манића, редовног професора Машинског факултета у Нишу, за ментора.

Научно-стручно веће за техничко-технолошке науке Универзитета у Нишу је на седници одржаној 04.07.2016. год. одлуком број 8/20-01-005/16-021 дало сагласност на Одлуку о усвајању теме докторске дисертације и именovalo др Миодрага Манића, редовног професора Машинског факултета у Нишу, за ментора за израду поменуте докторске дисертације.

Кандидат мр Милош Ристић је 11.08.2016. год. предао писани текст докторске дисертације Машинском факултету у Нишу и поднео захтев (број 612-490/26) за одређивање Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације.

Научно-стручно веће за техничко-технолошке науке Универзитета у Нишу, на седници одржаној 26.10.2016. год., одлуком бр. 8/20-01-007/16-021 именovalo је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације на Машинском факултету у Нишу кандидата мр Милоша Ристића, под називом "Анализа технолоичности персонализованих имплантата методама вештачке интелигенције", у саставу: др Миодраг Манић, редовни професор Машинског факултета у Нишу, др Мирослав Трајановић, редовни професор Машинског факултета у Нишу, др Горан Девеџић, редовни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, др Драган Мишић, ванредни професор Машинског факултета у Нишу и др Милош Стојковић, доцент Машинског факултета у Нишу.

Кандидат је потписани аутор једног рада објављеног у часопису са СЦИ листе, као и првопотписани аутор једног рада прихваћеног за објављивање у часопису који издаје Универзитет у Нишу, из уже научне области којој припада тема докторске дисертације.

На основу претходно наведеног, кандидат мр Милош Ристић, дипл. маш. инж. испуњава услове за одбрану докторске дисертације, предвиђене Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Нишу и Статутом Машинског факултета у Нишу.

## ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације (до 500 речи)

Докторска дисертација се састоји из 10 поглавља и одговарајућих прилога: пописа слика и табела, коришћене литературе (237 цитираних библиографских јединица), прилога и кратке биографије аутора. Форма и садржај рада у потпуности испуњавају постојеће стандарде за докторске дисертације. Наслови поглавља су следећи: *Увод, Преглед стања истраживања, Персонализовани коштани (ортопедски) имплантати, Материјали и технологије за израду персонализованих имплантата, Потребне за анализом технолоичности персонализованих имплантата, Анализа технолоичности, Анализа технолоичности методама вештачке интелигенције, Адаптибилни експертни систем за анализу технолоичности персонализованих имплантата, Опис рада система за анализу технолоичности персонализованог имплантата, и Закључак.*

Истраживања спроведена у оквиру докторске дисертације обухватају следеће:

У *Првом, уводном, поглављу* најпре је објашњено и приказано шта ће бити предмет истраживања, а затим су наведени циљеви истраживања у оквиру дисертације.

У *другом поглављу* је преглед стања истраживања у области дисертације. Савремена истраживања су конципирана и анализирана кроз четири целине: Персонализовани имплантати (ПИ), Избор материјала и технологије обраде и Процена цене израде.

*Треће поглавље* описује персонализоване имплантате. Указује се на место и улогу који ПИ треба да има. Описују се различите врсте, типови и даје класификација ПИ. Анализирају се његове карактеристике које су важне при пројектовању 3Д геометријског модела имплантата.

У *четвртном поглављу* приказани су материјали и технологије за израду ПИ. Анализирају се биоматеријали у ортопедији, класификујући их у четири групе: метали, керамика, полимери и композити. Биомеханичке и друге особине материјала, анализирани у овом делу, коришћене су при изради базе података релевантних материјала за потребе анализе технолоичности. Ово поглавље приказује и технологије којима се извесни ПИ израђују. Приказана су три технолошка процеса (субстрактивни, формативни и адитивни) али је акценат на адитивним технологијама.

*Пето поглавље* указује на потребу за анализом технолоичности, наглашавајући да се пословање заснива на снажном информационом систему уз синхронизацију ресурса. Главни изазов у овим системима је употреба знања како би се правилно донела одлука. Системи за подршку при одлучивању интегрисани у информациони систем су основа рада савремених виртуелних предузећа.

*Шесто поглавље* детаљно описује анализу технолоичности (АТ). Приказом различитих приступа у АТ истиче се непостојање универзалног приступа, тј. да се системи за АТ обично развијају према групи производа. Како су савремени системи за АТ засновани на методама вештачке интелигенције, даје се класификација и опис метода и техника њиховог начина рада.



У седмом поглављу се истичу разлози опредељивања за развој адаптивбилног експертног система, као оптималне методе вештачке интелигенције за развој система за АТ персонализованих имплантата. Детаљно се описују продукциони системи и фази експертни системи, њихова структура, адаптивбилност, као и архитектура. Ово поглавље описује и софтверске алате за развој експертних система као што су љуске експертних система. За потребе дисертације коришћена је Јесс љуска, и Јава програмски језик.

Осмо поглавље описује развијен адаптивбилни експертни систем за анализу технолоичности персонализованих имплантата. Приказан је концепт система и његова структура, да би затим детаљно био објашњен принцип рада система. Систем је ради једноставнијег и сигурнијег рада пројектован из пет модула: за оцену дизајна, препоруку класе материјала, избор материјала, избор технологије, и процену цене. Основу система за АТ представља модел знања персонализованог имплантата који је развијен за потребе ове дисертације. Приказује се и поступак вођења интервјуа са специјалистима, односно објашњава процес аквизиције експертског знања.

Девето поглавље даје приказ рада система за АТ на конкретном примеру модела персонализованог коштаног волуметријског имплантата и имплантата типа плочице. Систем може да ради мануелним уносом података, или аутоматизовано када је интегрисан у систем за управљање и праћење активностима приликом израде имплантата (енгл. workflow management systems).

У закључку су наглашени резултати до којих је аутор дошао у току истраживања, као и смернице за даља истраживања и унапређење система за пројектовање, анализу и производњу персонализованих имплантата у оквиру виртуелног предузећа.

### **ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

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

Истраживањима у оквиру докторске дисертације, кандидат мр Милош Ристић, дипл. маш. инж. је остварио у потпуности циљеве постављене у пријави.

Основни циљ је био развој метода пројектовања и развоја адаптивбилног експертног система за анализу технолоичности персонализованог имплантата, у веб окружењу као део система за подршку при одлучивању који се могу повезати са информационим системима за управљање и праћење активности током израде имплантата. Овакав систем треба да обезбеди интеграцију информација и процеса између институција у којима се одвијају радни процеси. Овај задатак је у потпуности остварен развојем система који је презентован у дисертацији.

Извршена је детаљна анализа свих потребних активности, процеса и ентитета који учествују у пројектовању, анализи технолоичности и изради персонализованих ортопедских имплантата. На основу тих активности креирана је база знања, база правила, методе за аквизицију знања, као и методе и технике за креирање адаптивбилних фази-експертних система који су део информационих система у веб окружењу.

Развијена је методологија надоградње експертног система новим искуственим и теоретским знањима (правилима и процедурама), без великих измена структуре развијеног концепта.

Спровођењем експеримената из домена анализе технолоичности запреминских персонализованих имплантата и типа плочице, показао је применљивост и универзалност истраживања и добијених резултата.

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

Тема истраживања докторске дисертације је доста значајна и то са аспекта изузетног раста биомедицинског инжењеринга, као и метода и техника за пројектовање, анализу и производњу персонализованих производа, у овом случају имплантата. Постигнути резултати дају могућност публикавања радова и наставак даљих истраживања. Основни научни доприноси се огледају у следећем.

- Развијен је модел знања о персонализованом имплантату који садржи структуриране и класификоване податке о геометрији, ергономији, потребним механичким карактеристикама, физичким особинама, производним захтевима, захтевима уградње, податке о пацијенту, типу имплантата, и др.
- Пројектована је и реализована адаптивбилна база података и знања о материјалима, машинама, и технолошким поступцима за израду ПИ.
- Креиран је и реализован систем за аквизицију знања о ПИ, од стране експерта из различитих области са нагласком на ортопеду, које је систематизовано и интегрисано у систем.
- Развијен је адаптивбилни и модуларни фази-експертни систем за анализу технолоичности ПИ који стручњацима пружа подршку у процесима одлучивања при избору материјала, технолошког поступка и цене персонализованих имплантата.
- Систем је успешно тестиран на примеру персонализованог коштаног запреминског имплантата, као и типа плочице. Тренутно је развијено више од 150 правила која су унета у базу знања. Одређени модули су реализовани као фази-експертни системи.
- Развијена је веб-апликација која може да ради самостално или као део интегрисаног система за управљање и праћење активностима приликом израде имплантата WfMS-MD.

Оцена самосталности научног рада кандидата (до 100 речи)

Кандидат је показао висок ниво самосталности, систематичности и креативности код решавања одређених задатака. Кандидат је приказао свеобухватну и квалитетну анализу постојеће научне литературе из области теме докторске дисертације. Посебно се истиче мултидисциплинарност примењених знања, њихово моделирање и синтеза у оквиру дисертације.

Истраживањима у оквиру дисертације кандидат је показао да поседује и успешно користи знања из биомедицинског инжењеринга, области моделирања персонализованих производа и процеса, моделирања знања, анализе технолоичности и креирања фази-експертних система у веб окружењу.



### ЗАКЉУЧАК (до 100 речи)

На основу прегледа поднете верзије докторске дисертације и увидом у објављене научне радове кандидата, чланови Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације закључују следеће:

- Поднети рад у потпуности одговара теми докторске дисертације прихваћеној од стране Наставно-научног већа Машинског факултета у Нишу и Научно-стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Нишу.
- Докторска дисертација представља оригиналан и вредан научни и стручни допринос у области биомедицинског инжењеринга и примени метода вештачке интелигенције у анализи технолошкости персонализованих производа.
- Научни допринос и оригиналност дисертације показани су објављивањем већег броја радова у међународним часописима и на међународним конференцијама.
- Докторска дисертација је адекватно конципирана и технички изузетно квалитетно урађена.
- Резултати истраживања имају задовољавајућу тачност и висок степен општости, тако да се развијени концепт адаптивних фази-експертних система у веб окружењу може успешно применити и у другим областима.
- Кандидат поседује висок ниво теоријских и практичних знања из више области потребних за решавање комплексних проблема из биомедицинског инжењеринга, успешно примењује научне методе и поступке и добро је упознат са досадашњим научним достигнућима.

Имајући у виду напред наведено, Комисија сматра да поднета дисертација представља оригиналан и вредан допринос развоју ове научне области, и са задовољством предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Нишу и Научно-стручном већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Нишу, да рад кандидата мр Милоша С. Ристића, дипломираног инжењера машинства, под називом:

### „АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПЕРСОНАЛИЗОВАНИХ ИМПЛАНТАТА МЕТОДАМА ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ“

прихвати као докторску дисертацију, и да кандидата позове на усмену јавну одбрану.

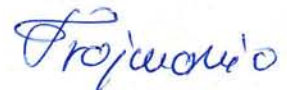
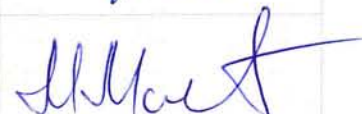

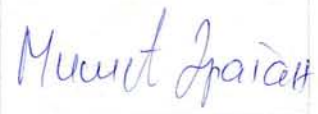

### КОМИСИЈА

Број одлуке НСВ о именовану Комисије

8/20-01-007/16-021

Датум именовања Комисије

26.10.2016. год.

Р. бр.	Име и презиме, звање	Потпис
1.	Др Мирослав Трајановић, редовни професор Производни системи и технологије (Научна област)	председник 
	Машински факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
2.	Др Миодраг Манић, редовни професор Производни системи и технологије (Научна област)	ментор, члан 
	Машински факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
3.	Др Горан Девеџић, редовни професор Производно машинство, Индустријски инжењеринг (Научна област)	члан 
	Факултет инжењерских наука Крагујевац (Установа у којој је запослен)	
4.	Др Драган Мишић, ванредни професор Производни системи и технологије (Научна област)	члан 
	Машински факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
5.	Др Милош Стојковић, доцент Производни системи и технологије (Научна област)	члан 
	Машински факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)	

Датум и место:

...07.12.2016. год., Ниш, Крагујевац,