

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ			
БРОЈ	ДАТУМ	ПРЕДСЕДНИК	ПОДСЕДНИК
	14. 04. 2015		
01-11/234			

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

**Предмет:** Извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милоша Радовића, дипломираног машинског инжењера

Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, број 01-1/824-14 од 19.03.2015. године именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милоша Радовића, дипл. маш. инж. под насловом:

**Технике истраживања података и оптимизација математичких модела у биомедицинском инжењерингу**

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја о подобности кандидата и теме докторске дисертације која је одобрена за израду одлуком Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, бр. 01-1/2222-9 од 29.08.2013. године, а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области**

Докторска дисертација кандидата Милоша Радовића, дипл. маш. инж., под насловом „Технике истраживања података и оптимизација математичких модела у биомедицинском инжењерингу“ представља резултат мултидисциплинарног научно-истраживачког рада кандидата у научним областима: оптимизација, вештачка интелигенција (конкретно технике истраживања података) и биомедицински инжењеринг.

Кандидат је извршио критичку анализу и систематизацију постојећих знања, искустава и научних резултата компетентних истраживача у области истраживања ове докторске дисертације, који су објављени у водећим међународним часописима. На основу спроведене анализе предности и недостатака различитих метода које су предложене у литератури, кандидат је одабрао и дефинисао методе техника истраживања података и оптимизације које је користио у сопственим истраживањима. Резултати истраживања у оквиру ове дисертације приказани су у три поглавља:

- У трећем поглављу дисертације кандидат је представио методологију за предвиђање смичућег напона на зиду за геометријски параметризоване моделе анеуризме и каротидне бифуркације. Приказана методологија је базирана на алгоритмима техника истраживања података. За обучавање и тестирање интелигентних модела коришћене

су базе података добијене симулацијама на бази методе коначних елемената. Успешност и тачност предложених модела је показана на тестним примерима поређењем предвиђених резултата са резултатима добијеним методом коначних елемената. Највећа предност предложене методе је што брзо пружа резултате, што је веома значајно у ситуацијама када су резултати потребни у кратком временском року. Већина модела који су до сада представљени у литератури су ограничени на предвиђање максималне или минималне вредности смичућег напона на зиду. Метода коју је кандидат представио има могућност предвиђања комплетне расподеле смичућег напона на зиду као и положаја максималне вредности смичућег напона.

- У четвртом поглављу дисертације кандидат је представио модел компјутерски помогнуте дијагнозе за детекцију тумора на дигитализованим мамографима (CAD). Приказани модел је базиран на напредним методологијама претпроцесирања, сегментације и техника истраживања података. Методологија је верификована применом mini-MIAS базе мамографских слика. Оптимизацијом параметара претпроцесирања и сегментације обезбеђена је максимална прецизност развијеног CAD система. Додатно, показано је да систем има потенцијал за проширивање модулom за поузданост предвиђања што је од великог значаја јер овај модул пружа лекарима увид у то колико могу веровати сваком индивидуалном предвиђању односно свакој детекцији тумора.
- Пето поглавље дисертације садржи опис различитих математичких модела за симулацију настанка и развоја атеросклерозе. Приказани математички модели су оптимизовани, применом напредних методологија оптимизације, према доступним експерименталним подацима за људе и зечеве. Оптимизовани математички модели могу бити од велике користи јер могу лекарима пружити увид у даљи развој болести и помоћи им на тај начин у избору најбоље терапије

Због свега наведеног, Комисија сматра да методе, базиране на оптимизацији и техникама истраживања података, представљене у овом раду имају велики потенцијал и да могу допринети већој и значајнијој практичној примени у решавању реалних проблема у биомедицинском инжењерингу. Такође, допринос ове дисертације се огледа у томе што методе представљене у овом раду могу допринети популаризацији система компјутерски помогнуте дијагнозе у клиничкој пракси.

## **2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области**

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Милоша Радовића, дипл. маш. инж., под насловом „Технике истраживања података и оптимизација математичких модела у биомедицинском инжењерингу“ представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је веома актуелна и значајна за развој науке у области примењене информатике и рачунарског инжењерства. Кандидат је тему обрадио студиозно и детаљно, користећи при томе теоријске основе научних дисциплина релевантних за ову проблематику. Критички су анализирани бројни научни радови публиковани у врхунским међународним часописима, а односе се на проблем разматран у овој дисертацији.

Оригиналност научног рада, истраживања и резултата остварених у овој докторској дисертацији огледа се, између осталог, у следећим елементима:

- Увидом у релевантне радове (Z. Bosnić et al. 2012, Radovic et al. 2010, Radovic et al. 2011), кандидат је научној и стручној јавности предложио модел базиран на техникама истраживања података за предвиђање смичућег напона на зиду

геометријски параметризованих модела анеуризме и каротидне бифуркације. Тачност предложене методе је утврђена поређењем решења са решењима добијеним применом методе коначних елемената. На овај начин доказано је да се нумеричке симулације могу некада заменити методама техника истраживања података чиме се постиже велика уштеда времена потребног за добијање резултата.

- У дисертацији је развијен и систем компјутерски помогнуте дијагнозе (CAD) који је у стању да са великом прецизношћу региструје присутност тумора и његову позицију на мамографима. Побољшање у односу на резултате приказане у литератури је постигнуто оптимизацијом предложене регресионе функције за детекцију сумњивих регија и осталих параметара претпроцесирања и сегментације. Такође, доказано је да унутар CAD система може бити имплементиран и модул за поузданост предвиђања што је од великог значаја јер овај модул пружа лекарима увид у то колико могу веровати свакој детекцији тумора.
- Поред наведеног, у оквиру дисертације извршена је оптимизација математичких модела, развијених у оквиру европског оквирног пројекта ARTreat, за симулацију настанка и развоја атеросклерозе. Оптимизација и валидација предложених модела је извршена према експерименталним подацима који су доступни за зечева и људе. Овакви модели су од великог значаја јер могу пружити увид у даљи развој болести и на тај начин помоћи лекарима приликом избора терапије.

### 3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

Милош Радовић, рођен 25.02.1984. године у Крагујевцу, од оца Дмитра и мајке Зорице, завршио је основну школу Мирко Јовановић у Крагујевцу, а затим Прву крагујевачку гимназију.

Дипломирао је на Машинском факултету у Крагујевцу, смер Информатика у инжењерству, дана 22.09.2009. са просечном оценом 8.61 (осам и 61/100). Дипломски испит са темом „Апроксимација Цоминијеве криве употребом вештачких неуронских мрежа“, из предмета Неуронске мреже код проф. др. Весне Ранковић одбранио је са оценом 10 (десет). Добитник је награде за освојено треће место из Механике флуида на студентском такмичењу „Машинијада“ 2006. године.

Од 1.11.2009. године ради као истраживач-сарадник у Истраживачко развојном центру за биоинжењеринг - БиоИРЦ у Крагујевцу. Учествоје у извођењу наставе од 2010. године на предметима Рачунарски алати и Инжењерски алати.

Докторске академске студије уписала је школске 2009/10. године на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу.

Кандидат је објавио 27 научних и стручних радова у домаћим и међународним часописима, као и на међународним скуповима.

#### Списак објављених радова

##### Рад у врхунском међународном часопису, [M<sub>21</sub>]:

1. N. Filipovic, Z. Teng, **M. Radovic**, I. Saveljic, D. Fotiadis, O. Parodi, 'Computer simulation of three-dimensional plaque formation and progression in the carotid artery', Medical and Biological Engineering and Computing, Vol. 51, No. 6, pp. 607-616, 2013. ISSN: 0140-0118; DOI: 10.1007/s11517-012-1031-4.

2. Z. Bosnić, P. Vračar, **M. Radović**, G. Devedžić, N. Filipović, and Igor Kononenko, 'Mining Data from Hemodynamic Simulations for Generating Prediction and Explanation Models', Transactions on Information Technology in Biomedicine, Vol. 16, No. 2, pp. 248-254, 2012. ISSN: 1089-7771; DOI 10.1109/TITB.2011.2164546.

**Рад у истакнутом међународном часопису, [M<sub>22</sub>]:**

1. D. Nikolic, **M. Radovic**, S. Aleksandric, M. Tomasevic, N. Filipovic, 'Prediction of coronary plaque location on arteries having myocardial bridge, using finite element models', Computer Methods and Programs in Biomedicine, Vol. 117, No. 2, pp. 137-144, 2014. ISSN: 0169-2607; DOI: 10.1016/j.cmpb.2014.07.012.

**Рад у међународном часопису, [M<sub>23</sub>]:**

1. N. Filipovic, T. Djukic, **M. Radovic**, D. Cvetkovic, M. Curcic, S. Markovic, A. Peulic Aleksandar, B. Jeremic, 'Electromagnetic field investigation on different cancer cell lines', Cancer Cell International, Vol. 14, No. 84, pp. 2-10, 2014. ISSN: 1475-2867; DOI: 10.1186/s12935-014-0084-x.
2. A. Peulic, N. Milojevic, E. Jovanov, **M. Radovic**, I. Saveljic, N. Zdravkovic, N. Filipovic, 'Modeling of Arterial Stiffness using Variations of Pulse Transit Time', Computer Science and Information Systems / ComSIS, Vol. 10, No. 1, pp. 547-565, 2013. ISSN: 1820-0214; DOI: 10.2298/CSIS120531015P.

**Рад у часопису националног значаја, [M<sub>53</sub>]:**

1. M. Nikolic, V. Isailovic, D. Nikolic, I. Saveljic, Z. Milosevic, **M. Radovic**, S. Semmelbauer, F. Bohnke and N. Filipovic, 'Mechanical and electro-mechanical box cochlea model, Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics', Vol. 8 No. 2, UDC: 532.542:519.71, 2014. ISSN: 1820-6530
2. Z. Milosevic, **M. Radovic**, J. Bird, Z. Teng, M. Obradovic, I. Saveljic, S. Savic, N. Filipovic, 'Plaque progression modeling by using hemodynamic simulation and histological data', JSSCM, Vol. 6, No. 2, pp. 122-132, 2012. ISSN: 1820-6530
3. N. Filipovic, **M. Radovic**, V. Isailovic, Z. Milosevic, D. Nikolic, I. Saveljic, M. Milosevic, D. Petrovic, M. Obradovic, D. Krsmanovic, E. Themis, A. Sakellarios, P. Siogkas, P. Marraccini, F. Vozzi, N. Meunier, Z. Teng, D. Fotiadis, O. Parodi, M. Kojic, 'Plaque formation and stent deployment with heating thermal effects in arteries', Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics, Vol. 6, No. 1, pp. 11-28, 2012. ISSN: 1820-6530
4. N. Filipovic, M. Rosic, V. Isailovic, Z. Milosevic, D. Nikolic, D. Milasinovic, **M. Radovic**, B. Stojanovic, M. Ivanovic, I. Tanaskovic, I. Saveljic, M. Milosevic, D. Petrovic, M. Obradovic, E. Themis, A. Sakellarios, P. Siogkas, P. Marraccini, F. Vozzi, N. Meunier, Z. Teng, D. Fotiadis, O. Parodi, M. Kojic, 'ARTREAT project: computer, experimental and clinical analysis of threedimensional plaque formation and progression in arteries', Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics, Vol. 5 No. 2, pp. 129-146, 2011. ISSN: 1820-6530

5. M. Tosovic, **M. Radovic**, D. Petrovic, D. Milasinovic, G. Devedzic, V. Rankovic, and N. Filipovic, 'Mining data from hemodynamic simulations for human aorta', IPSI BgD journals, Transactions on Internet Research, Vol. 7, No. 2, July 2011.

ISSN: 1820-4503

6. N. Filipovic, N. Meunier, M. Kojic, V. Isailovic, **M. Radovic**, Z. Milosevic, D. Nikolic, D. Milasinovic, E. Themis, O. Parodi, and D. Fotiadis, 'Computer simulation of plaque formation and development', IPSI BgD journals, Transactions on Internet Research, Vol. 7, No. 2, July 2011.

ISSN: 1820-4503

#### Саопштење са међународног скупа штампано у целини, [M33]:

1. **M. Radovic**, M. Djokovic, A. Peulic, Application of Data Mining Algorithms for Detection of Masses on Digitalized Mammograms', 5th International Conference on Information Society and Technology (ICIST 2015), Kopaonik, Serbia, 08-11 March 2015.
2. V. Isailovic, M. Nikolic, Z. Milosevic, I. Saveljic, D. Nikolic, **M. Radovic** and N. Filipovic, 'Finite Element Coiled Cochlea Model, 12th Mechanics of Hearing', Greece, 23-28 June, 2014.
3. **M. Radovic**, M. Djokovic, A. Peulic, 'Application of Data Mining Algorithms for Mammogram Classification', 13 th IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering, Chania, Greece, 10-13 November 2013.
4. N. Filipovic, T. Djukic, **M. Radovic**, D. Cvetkovic, S. Markovic, B. Jeremic, 'Experimental and Numerical investigation of Electromagnetic Field at Different Cancer Cell Lines', 13 th IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering, Chania, Greece, 10-13 November 2013.
5. **M. Radovic**, M. Djokovic, A. Peulic, N. Filipovic, 'Application of Data Mining Techniques for Mammogram Classification', 19th Congress of the European Society of Biomechanics (ESB2013), Patras, Greece, August 28-28, 2013.
6. **M. Radovic**, Z. Milosevic, D. Nikolic, I. Saveljic, M. Obradovic, D. Petrovic, N. Zdravkovic, Z. Teng, J. Bird, N. Filipovic, 'Modeling and Correlation of Plaque Size with Histological and Blood Analysis Data for Animal Rabbit Experiments', The 3rd South-East European Conference on Computational Mechanics, Kos, Greece, June 12-14, 2013.
7. Z. Milosevic, **M. Radovic**, D. Nikolic, I. Saveljic, V. Isailovic, M. Obradovic, D. Petrovic, E. Themis, D. Fotiadis, W. Pelosi, O. Parodi, M. Kojic, N. Filipovic, 'Plaque Formation Modeling – from Animal to Human Studies', The 3rd South-East European Conference on Computational Mechanics, Kos, Greece, June 12-14, 2013.
8. **M. Radovic**, M. Djokovic, A. Peulic, N. Filipovic, 'Application of Data Mining Techniques for Mammogram Classification', The 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Vrnjacka Banja, Serbia, June 3-7, 2013.
9. D. Nikolic, S. Aleksandric, M. Tomasevic, **M. Radovic**, V. Rankovic, N. Filipovic, 'Prediction of coronary plaque position on arteries with myocardial bridge', The 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Vrnjacka Banja, Serbia, June 3-7, 2013.
10. Z. Milosevic, D. Nikolic, I. Saveljic, **M. Radovic**, T. Exarchos, O. Parodi, N. Filipovic, 'Three-dimensional computer modeling of plaque formation and LDL transport within

artery and through the vessel wall', The 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Vrnjaska Banja, Serbia, June 3-7, 2013.

11. N. Filipovic, D. Nikolic, Z. Milosevic, **M. Radovic**, I. Saveljic, T. Exarcous, D. Fotiadis, W. Pelosi, O. Parodi, 'Plaque progression modeling by using computer simulation and imaging data', BioMed 2013, Innsbruck, Austria, February 13 – 15, 2013.
12. N. Filipovic, Z. Teng, Z. Milosevic, **M. Radovic**, D. Nikolic, I. Saveljic, T. Exarchos, D. Fotiadis, J. Gillard, O. Parodi', Computer simulation of three-dimensional plaque formation and progression in the carotid artery,' 80th European Atherosclerosis Society Congress - EAS 2012.
13. N. Filipovic, M. Kojic, Z. Teng, **M. Radovic**, I. Saveljic, E. Themis, O. Parodi, 'Computer Simulation of Three-Dimensional Plaque Formation and Progression in the Carotid Artery', Parallel CFD, 24th International Conference on Parallel Computational Fluid Dynamics, Atlanta, USA, May 21 – 25, 2012.
14. A. Peulic, E. Jovanov, **M. Radovic**, I. Saveljic, N. Zdravkovic, and N. Filipovic,' Arterial Stiffness modeling using variations of Pulse Transit Time', Conference paper, 10th IEEE International Workshop on Biomedical Engineering, Kos, Greece, 5-7 october, 2011.
15. **M. Radovic**, D. Petrovic, and N. Filipovic, 'Mining Data from CFD Simulation for Aneurysm and Carotid Bifurcation Models', Conference paper, EMBC'11, Boston, MA USA, sept, 2011.
16. Z. Milosevic, B. Stojanovic, V. Isailovic, D. Nikolic, D. Milašinovic, **M. Radovic**, T. Exarchos, K. Stefanou, P. Siogkas, A. Sakelarios, D. Fotiadis, O. Parodi, N. Zdravkovic, M. Kojic, N. Filipovic, 'Artool: A platform for the development of multi-level patient-specific artery and atherogenesis models', 3rd International Congress of Serbian Society of Mechanics (IconSSM 2011), Vlasina Lake, Serbia, July 5-8, 2011.

#### **Поглавље у истакнутој монографији националног значаја, [M<sub>44</sub>]:**

1. N. Filipovic, 'Basics of Bioengineering', contributor - chapter in book, Faculty of Engineering, Kragujevac, Serbia, 2012.

#### **Учешће на научно-истраживачким пројектима**

1. Оквирни пројекат: FP7 –SIFEM: *Semantic Infostructure interlinking an open source Finite Element tool and libraries with a model repository for the multi-scale Modelling and 3d visualization of the inner-ear* (2013 – 2016).
2. Оквирни пројекат: FP7 –EMBALANCE: *A Decision Support System incorporating a validated patient-specific, multiscale Balance Hypermodel towards early diagnostic Evaluation and efficient Management plan formulation of Balance Disorders* (2013 – 2016).
3. Scientific Project: IP:Z74Z0\_137357 – *Computational modeling of blood flow in the tumor vasculature* (01/06/12 – 30/05/15), Координатори пројекта: Prof. Curzio Rüegg, University of Fribourg, Switzerland and Prof. Nenad Filipovic, University of Kragujevac, Serbia.
4. Национални пројекат ОИ-174028, финансиран од стране Министарства за науку и технолошки развој, 2011-2014, *Методe моделирања на више скала са применама у биомедицини*, Руководилац пројекта проф. др. Милош Којић. Носилац истраживања Истраживачко – развојни центар за биоинжењеринг, БиоИРЦ, Крагујевац.

5. Билатерални пројекат: Србија-Словенија: *Integration of data mining and high-performance computer modeling for coronary artery disease* (2010 – 2011).
6. Оквирни пројекат: FP7 –ARTreat: *Multi-level patient-specific artery and atherogenesis model for outcome prediction, decision support treatment, and virtual hand-on training* (09/01/08 – 8/31/12), Координатор за Србију др Ненад Филиповић, редовни професор.

#### 4. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата Милоша Радовића, дипл. маш. инж., под насловом „Технике истраживања података и оптимизација математичких модела у биомедицинском инжењерингу“ одговара по обиму и садржају прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука и Стручног већа Универзитета у Крагујевцу. По квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторске дисертације.

Резултати истраживања су у писаном делу докторске дисертације изложени на укупно 165 страна. У раду је приказано 116 графичких илустрација и цитирано је 109 библиографских података. Излагање је сврстано у 7 поглавља (којима претходе: резиме рада на српском и енглеском језику, предговор и садржај):

1. Уводна разматрања
2. Оптимизација
3. Технике истраживања података
4. Повезивање података добијених из хемодинамичких симулација употребом техника истраживања података
5. Детекција канцера дојке на дигитализованим мамографима употребом техника истраживања података
6. Оптимизација математичких модела за симулацију настанка и развоја плака
7. Закључна разматрања

##### Литература

У уводном поглављу дефинисани су предмет и циљ истраживања. Дат је преглед метода које су коришћене у оквиру дисертације. На крају овог поглавља дата је структура дисертације по поглављима.

У поглављу 2 дате су теоријске основе оптимизације. У оквиру овог поглавља дат је детаљан опис Nelder-Mead оптимизације и генетских алгоритама.

Теоријске основе техника истраживања података су дате у поглављу 3. У оквиру овог поглавља описан је поступак претпроцесирања података, алгоритама за селекцију атрибута, алгоритама техника истраживања података, поступака тестирања модела и алгорита за израчунавање поузданости предвиђања.

Поступак решавања проблема повезивања података добијених из хемодинамичких симулација применом техника истраживања података описан је у поглављу 4. Конкретније, проблем који се решава је предвиђање смичућег напона на зиду за моделе каротидне бифуркације и анеуризме на основу геометријских параметара.

У поглављу 5 описан је систем за детекцију тумора на дигитализованим мамографима.

Поступак оптимизације математичких модела за симулацију настанка и раста плака описан је у поглављу 6. У оквиру овог поглавља дат је детаљан опис математичких модела и њихове оптимизације према доступним експерименталним подацима.

У поглављу 7 су дата закључна разматрања као и будући правци развоја истраживања овухваћеног овом дисертацијом.

На крају докторске дисертације дат је преглед библиографских података коришћених у овом раду.

## 5. Научни резултати докторске дисертације

Реализацијом истраживачког рада на овој дисертацији кандидат Милош Радовић, дипл. маш. инж., је дошао до резултата и закључака који имају своје место и значај како у научно-теоријском, тако и у практичном смислу. Најважнији научни резултати ове докторске дисертације су:

- Доказана је могућност употребе техника истраживања података за предвиђање вредности и положаја максималног смичућег напона на зиду (MWSS) за модел каротидне бифуркације. Поред тога, обезбеђено је објашњење кориснику о (I) знању које је модел стекао на основу базе података за учење и (II) разлогу сваког индивидуалног предвиђања. Овде је коришћена методологија за објашњење модела за предвиђање како би се објаснило који геометријски фактори играју кључну улогу на повећање вредности MWSS-а. Поред предвиђања вредности и положаја MWSS-а обезбеђена је и поузданост сваког индивидуалног предвиђања. Ово је посебно важно јер нам показује колико можемо веровати сваком индивидуалном предвиђању.
- Доказана је могућност употребе алгоритама техника истраживања података за предвиђање комплетне расподеле смичућег напона на зиду за моделе каротидне бифуркације и анеуризме.
- Развијен је систем компјутерски помогнуте дијагнозе (CAD), базиран на напредним методама претпроцесирања, сегментације и техника истраживања података, који је у стању да са великом прецизношћу региструје присутност тумора и његову позицију на мамографима. Оптимизацијом предложене регресионе функције за детекцију сумњивих регија и осталих параметара претпроцесирања и сегментације постигнут је напредак у односу на резултате приказане у литератури. Доказана је могућност употребе алгоритама техника истраживања података за успешно раздвајање лажно позитивних сумњивих регија и стварно позитивних маса издвојених у фази сегментације CAD система. Такође, доказана је могућност имплементације мера поузданости предвиђања (CNK и LCV) унутар CAD система за детекцију тумора на дигитализованим мамографима.
- Успешно је оптимизован PDE модел за симулацију раста плака у простору и времену. Оптимизација је извршена на основу доступних експерименталних података за коронарне артерије десет пацијената.
- Успешно је оптимизован ODE модел за симулацију раста плака у времену. Оптимизација је извршена на основу доступних експерименталних података за коронарне артерије десет пацијената.
- Приказана је могућност употребе четири регресиона модела (вишеструка линеарна регресија, полиномска регресија, факторијска регресија, метода одзивне површине) за моделирање прогресије плака као функције времена, резултата анализе крви (концентрација холестерола, HDL-а, LDL-а и триглицерида) и



смичућег напона на зиду каротидне артерије. Регресиони модели су оптимизовани према доступним експерименталним подацима за каротидне артерије 13 зечева.

## **6. Примењивост и корисност резултата у теорији и пракси**

Резултати докторске дисертације кандидата Милоша Радовића, дипл. маш. инж., под насловом „Технике истраживања података и оптимизација математичких модела у биомедицинском инжењерингу“ применљиви су и корисни, како у теорији, тако и у пракси.

Бројна литература показује да на процес настанка атеросклерозе утичу бројни хемодинамички фактори међу којима је најважнији смичући напон на зиду артерије. Из тог разлога, познавање расподеле смичућег напона може бити од великог значаја. Методом коначних елемената могуће је веома прецизно израчунати расподелу смичућег напона на зиду посматране артерије. Ово међутим захтева у неким ситуацијама много времена па се доводи у питање употреба у реалним клиничким ситуацијама када је резултате потребно приказати у кратком року. Методологија, предложена у оквиру ове дисертације омогућава предвиђање расподеле смичућег напона на зиду за дати геометријски параметризован модел артерије у кратком временском року.

Мамографија је неинвазивна, рендгенска метода за преглед дојки који омогућава детекцију маса у раној фази. Међутим, преглед мамографа је веома тежак задатак чак и за искусне радиологе. Процена лекара зависи од обуке, искуства и субјективног критеријума. Применом напредних методологија претпроцесирања, сегментације и техника истраживања података у оквиру ове дисертације је креиран систем компјутерски помогнуте дијагнозе за детекцију тумора на мамографима. Примена софтвера, базираног на предложеној методологији, може помоћи лекарима и смањити број лажно позитивних (дијагностификован је непостојећи канцер) и лажно негативних (постојећи канцер није дијагностификован) случајева.

Постојање софтверског алата који би лекарима пружио увид у даљи развој болести (атеросклерозе) је од великог значаја. У оквиру ове дисертације су приказани различити математички модели за симулацију настанка и развоја атеросклерозе који су оптимизовани према доступним експерименталним подацима. Оптимизовани математички модели могу бити од велике користи јер могу лекарима пружити увид у даљи развој болести и помоћи им на тај начин у избору најбоље терапије.

## **7. Начин презентирања резултата научној јавности**

Део научних резултата ове докторске дисертације публикован је у међународним и домаћим научним часописима, као и на међународним и домаћим конференцијама. На овај начин се може сматрати да су резултати приказани у овој докторској дисертацији верификовани. Један део реализованог научно-истраживачког рада је обухваћен и у оквиру међународних пројеката на којима је Кандидат био ангажован.

Комисија сматра да истраживања и резултати ове докторске дисертације пружају обиман и користан материјал за даљу анализу и публикавање у врхунским међународним часописима и на међународним конференцијама.

На основу свега изложеног Комисија доноси следећи:

## **ЗАКЉУЧАК**

Докторска дисертација кандидата Милоша Радовића, дипл. маш. инж., у потпуности, како по обиму тако и по квалитету, одговара одобреној теми дисертације, одлуком бр. 01-1/2222-9 од 29.08.2013. године, од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

Кандидат је током истраживања користио уобичајену и стандардизовану стручну терминологију. Структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама.

У току израде докторске дисертације, кандидат Милош Радовић, дипл. маш. инж., је самостално дошао до оригиналних научних резултата, који су приказани у овој докторској дисертацији. Ови резултати представљају значајан допринос у области развоја система компјутерски помогнуте дијагнозе.

Кандидат је показао да влада методологијом научно-истраживачког рада и да поседује способност прикупљања и критичке анализе публикација из релевантне области. При томе је, користећи своје професионално образовање и лично искуство, показао способност да сложеној проблематици приступи свеобухватно, у циљу добијања конкретних и применљивих резултата.

Значајан део резултата до којих је кандидат дошао у току израде ове дисертације публикован је у више коауторских радова који су објављени у међународним часописима и на тај начин верификован.

На основу свега претходно наведеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације, једногласно је закључила да докторска дисертација под насловом:

**„Технике истраживања података и оптимизација математичких модела у биомедицинском инжењерингу“**

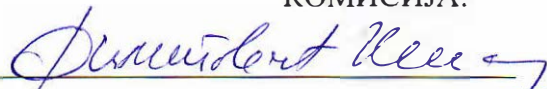
кандидата Милоша Радовића, дипл. маш. инж., по квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све стручне, научне и законске критеријуме за израду докторске дисертације.

Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, Универзитета у Крагујевцу, да докторску дисертацију прихвати као успешно урађен рад и да кандидата позове на јавну усмену одбрану дисертације.

У Крагујевцу,

10.04.2015.

КОМИСИЈА:



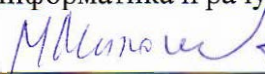
др Ненад Филиповић, редовни професор,  
Факултет инжењерских наука у Крагујевцу,

Научне области: Примењена механика, Примењена информатика и рачунарско инжењерство

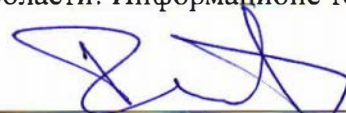


др Весна Ранковић, редовни професор,  
Факултет инжењерских наука у Крагујевцу,


Научне области: Аутоматика и мехатроника, Примењена информатика и рачунарско инжењерство



др Миљан Милошевић, доцент,  
Универзитет Метрополитан,  
Научне области: Информационе технологије



др Мирко Росић, редовни професор,  
Факултет медицинских наука у Крагујевцу,  
Научне области: Физиологија



др Данко Милашиновић, доцент,  
Факултет за хотелијерство и туризам у Врњачкој Бањи,  
Научне области: Информатика