

**Предмет:** Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Жарка Милошевића

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу, број IV-04-455/7 од 13.06.2018 године именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Жарка Милошевића, дипл. маш. инж. и теме докторске дисертације под насловом:

### **„РАЗВОЈ СОФТВЕРСКОГ АЛАТА ЗА ТРОДИМЕНЗИОНАЛНУ РЕКОНСТРУКЦИЈУ И БИОМЕХАНИЧКУ АНАЛИЗУ ЗИДА АОРТЕ“**

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. 01-1/2092-8 од 18.06.2015. 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 Жарка Милошевића, дипл. маш. инж., под насловом „Развој софтверског алата за тродимензионалну реконструкцију и биомеханичку анализу зида аорте“ представља резултат мулти-дисциплинарног научно-истраживачког рада кандидата у актуелној научној области примене нумеричких метода и метода развоја софтвера у биомедицинском инжењерингу.

Кандидат је извршио детаљну анализу и систематизацију постојећих знања, искустава и научних резултата досадашњег истраживања у области истраживања ове докторске дисертације, који су објављени у водећим међународним часописима.

Суштински допринос овог доктората је примена инжењерског приступа у развоју механизма неопходних за прикупљање информација који дају бољи увид у тренутно стање анеуризме абдоминалне аорте (ААА) код пацијента и ризик од пуцања исте, али пре свега, развој софтверског алата који обједињује све те механизме у један коначан и употребљив производ. Развијени су алгоритми за визуелизацију медицинских слика, полуатоматску и аутоматску сегментацију региона лумена и интралуминалног тромба(ИЛТ) ААА, генерисање тродимензионалне хексаедарске мреже коначних елемената свих слојева аорте, одређивање

њених материјалних карактеристика на нивоу пацијента, визуелизацију али и интеракцију за адекватно корисничко искуство.

Резултати сегментације су показале да су грешке између предложене методологије и два тачна решења упоредива са грешкама које се добијају поређењем два тачна резултата чиме је потврђена применљивост методологије у клиничком окружењу.

Резултати тродимензионалне реконструкције су преко анализе квалитета показале да је приказана метода способна за креирање одличних мрежа за МКЕ анализу чак и у области бифуркације где је креирање мреже знатно отежано.

Резултати добијени током истраживања у ретроспективној студији су показали да је предложена методологија способна да врши разликовање различитих стадијума болести аорте (нормалну, неруптуриране ААА и руптуриране ААА) али и да предвиди потенцијално место пуцања рачунањем и приказом региона максималних напона у њеном зиду.

Резултати примене вештачке неуронске мреже за одређивања модула еластичности зида аорте са успехом обједињује групу улазних параметара пацијента добијених неинвазивним путем због чега се модел може сматрати моћним алатом за предвиђање.

Крајњи резултат представља софтверски алат CFDVasc који интегрише све кораке неопходне за процену биомеханичких карактеристика ААА на бази медицинских слика не захтевајући никакве техничке вештине од крајњег корисника. Успешно је реализована интеграција свих компоненти адекватним дефинисањем и имплементацијом интеракције између њих. Резултати тестова прихватљивости од стране крајњег корисника у клиничком окружењу су показали његову ефикасност и употребљивост.

Због свега наведеног, Комисија сматра добијени резултати имају велики потенцијал и могу допринети већој и значајнијој практичној примени у процени стања пацијента са ААА.

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

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Жарка Милошевића, дипл. маш. инж., под насловом "**Развој софтверског алата за тродимензионалну реконструкцију и биомеханичку анализу зида аорте**", представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је веома актуелна и значајна за развој науке у областима обраде медицинских слика и тродимензионалне реконструкције, примењене механике, машинског учења али и развоја софтвера. Кандидат је тему обрадио студиозно и детаљно, користећи при томе теоријске основе научних дисциплина релевантних за ову проблематику. Извршена је свеобухватна и критичка анализа бројних научних радова публикованих у врхунским међународним часописима, а односе се на проблем разматран у овој дисертацији.

Оригиналност научног рада, истраживања и резултата остварених у оквиру ове дисертације огледа се, између осталог, и у следећим елементима:

- Развијена је метода за полуаутоматску и аутоматску сегментацију ААА пацијента чија је применљивост у клиничком окружењу утврђена поређењем са два тачна резултата.
- Развијено решење за тродимензионалну реконструкцију је тестирано на геометријама 8 пацијената чиме се показала њена способност за креирање мрежа изванредног квалитета за МКЕ анализу.



- Реконструисане су геометрије 8 реалних аорти у ретроспективној студији након чега је нумеричким симулацијама дата јасна слика протока, односно брзина, смичућих напона, притисака и напона у зиду.
- Поређењем аорти у различитим стадијумима болести у ретроспективној студији се показало да је предложена методологија способна да врши њихово разликовање.
- Солид-флуид интеракцијом одређени су напони на зиду анеуризме трбушне аорте чије локације максималних вредности су се поклопиле са местима пуцања анеуризме;
- Развијен модел применом вештачке неуронске мреже за одређивања модула еластичности зида на основу података 113 пацијената се показао као моћан алат за предвиђање.
- Развијен је иновативан и интуитиван софтверски алат који обједињује све кораке неопходне за биомеханичку анализу ААА чија се ефикасност и применљивост потврдила у клиничком окружењу.

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

Жарко Милошевић, дипл. маш. инж., рођен је 14.03.1983. године у Крагујевцу, Република Србија, СФРЈ. Завршио је Основну школу „Мирко Јовановић“ у Крагујевцу, док је средњошколско образовање стекао у „Првој крагујевачкој гимназији“, такође у Крагујевцу. Машински факултет у Крагујевцу уписао је школске 2002/2003. године, а дана 08.06.2009. је завршио студије на поменутом факултету на смеру информатика у инжењерству са општим успехом 8.79 (осам 79/100) у току студија, и оценом 10 (десет) на дипломском испиту из предмета Моделирање и симулација. Школске 2010/2011. године уписао је докторске студије на Машинском факултету у Крагујевцу на смеру за примењену информатику и рачунарско инжењерство.

Професионалну каријеру је започео 2009. године у Истраживачко – развојном центру за биоинжењеринг. Активно је учествовао у извођењу вежби из предмета: Рачунарски алати, Техничко цртање са компјутерском графиком и Софтверски инжењеринг.

Жарко Милошевић, као аутор или коаутор, објавио је укупно 25 научних радова у домаћим и међународним часописима. Аутор или коаутор је 48 радова који су саопштени на домаћим и међународним скуповима. У часописима са SCI листе објавио је 12 радова, од чега је 6 радова М21 категорије, 3 радова М22, 3 рада М23 категорије и 2 рада М25 категорије. Од значајнијих научних радова наводе се следећи:

#### М21 (Рад у врхунском међународном часопису)

1. Nenad Filipović, Mirko Rosić, Irena Tanasković, Milošević Žarko, Dalibor Nikolić, Nebojša Zdravković, Aleksandar Peulić, Kojić Miloš, Dimitrios Fotiadis, Oberdan Parodi, ARTreat Project: Three-Dimensional Numerical Simulation of Plaque Formation and Development in the Arteries, IEEE transactions on information technology in biomedicine: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., ISSN: 1089-7771, Vol. 16, No. 2, pp. 272 - 278, 2012 (doi: 10.1109/TITB.2011.2168418).
2. Oberdan Parodi, Themis Exarchos, P Marraccini, F Vozzi, **Žarko Milošević**, Dalibor Nikolić, A Sakellarios, P Siogkas, Dimitrios Fotiadis, Nenad Filipović, Patient-specific prediction of

coronary plaque growth from CTA angiography: a multiscale model for plaque formation and progression, IEEE transactions on information technology in biomedicine: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., ISSN: 1089-7771, Vol. 16, No. 5, pp. 952 – 965, 2012 (doi: 10.1109/TITB.2012.2201732).

3. Grace S. Lee, Nenad Filipović, **Žarko Milošević**, M. Lin, Barry C. Gibney, Dinee C. Simpson, Moritz A. Konerding, Akira Tsuda, S. Mentzer, Intravascular pillars and microvascular pruning in the extraembryonic vessels of chick embryos, FASEB Journal / Federation of American Societies for Experimental Biology, Federation of American Societies for Experimental Biology, ISSN: 0892-6638, Vol. 25, No. 1\_supplement, 2011 (doi: 10.1002/dvdy.22618)
4. Nenad Filipović, Dalibor Nikolić, Igor Saveljić, **Žarko Milošević**, Themis Exarchos, Gualtiero Pelosi, Oberdan Parodi, Computer simulation of three-dimensional plaque formation and progression in the coronary artery, Computers and Fluids, Pergamon, ISSN: 0045-7930, Vol. 88, pp. 826 - 833, 2013 (doi: 10.1016/j.compfluid.2013.07.006)
5. Miloš Jordanski, Miloš Radović, **Žarko Milošević**, Nenad Filipović, Zoran Obradović, Machine Learning Approach for Predicting Wall Shear Distribution for Abdominal Aortic Aneurysm and Carotid Bifurcation Models, IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, ISSN: 2168-2194, Vol. 22, No. 2, pp. 537-544, 2018 (doi: 10.1109/JBHI.2016.2639818)

#### **M22 (Рад у истакнутом међународном часопису)**

1. Nenad Filipovic, Kedar Ghimire, Igor Saveljic, **Zarko Milosevic**, Curzio Ruegg, Computational modeling of shear forces and experimental validation of endothelial cell responses in an orbital well shaker system, Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, ISSN 1025-5842, Vol. 19, No. 6, pp. 581-590, 2016 (doi:10.1080/10255842.2015.1051973)

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

1. Nenad Filipovic, Igor Saveljic, Dalibor Nikolic, **Zarko Milosevic**, Pavle Kovacevic, Lazar Velicki, Numerical simulation of blood flow and plaque progression in carotid-carotid bypass patient specific case, Computer Aided Surgery, ISSN 1092-9088, Vol 20, No. 1, pp. 1-6, 2015 (doi:10.3109/10929088.2015.1076036)
2. N. Zdravković, **Ž. Milošević**, I. Saveljić, D. Nikolić, V. Miloradović, N. Filipović, Three-Dimensional Biomechanical Model of Benign Paroxysmal Positional Vertigo in the Semi-Circular Canal, Tehnicki Vjesnik, ISSN: 1330-3651, Vol. 24, No. 6 pp. 1769-1775, 2017 (doi: 10.17559/TV-20160723152540).

#### **M33 (Саопштење са међународног скупа штампано у целини)**

1. Exarchos, T.P., , Sakellarios, A., Siogkas, P.K., Fotiadis, D.I., **Žarko Milošević**, Dalibor Nikolić, Nenad Filipović, Marraccini, P., Vozzi, F., Parodi, O, Patient specific multiscale modelling for plaque formation and progression, Engineering in Medicine and Biology



- Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE, EMBC IEEE, pp. 2893 - 2896, San Diego, SAD, 28. Aug - 1. Sep, 2012 (doi: 10.1109/EMBC.2012.6346568)
2. Miloš Radović, Žarko Milošević, Dalibor Nikolić, Igor Saveljić, Obradović M., Dejan Petrović, Zdravković N., Teng Z., Bird J., Nenad Filipović, Modeling and Correlation of Plaque Size with Histological and Blood Analysis Data for Animal Rabbit Experiments, SEECCM III - 3rd South-East European Conference on Computational Mechanics, ECCOMAS, IACM, ISBN: 978-960-99994-4-1, pp. 52 - 57, , Kos Island, Greece, 12. - 14. Jun, 2013, (doi: 10.7712/130113.4375.S2114)
  3. Žarko Milošević, Miloš Radović, Dalibor Nikolić, Igor Saveljić, Velibor Isailović, Obradović M., Dejan Petrović, Themis E., Fotiadis D., Pelosi W., Parodi O., Miloš Kojić, Nenad Filipović, Plaque Formation Modeling – from Animal to Human Studies, SEECCM III - 3rd South-East European Conference on Computational Mechanics, ECCOMAS, NTUA, ISBN: 978-960-99994-4-1, pp. 1-8, Kos Island, Greece, 12. - 14. Jun, 2013
  4. Bojana Ćirković, Velibor Isailović, Žarko Milošević, Aarash Sofla, Milica Radišić, Nenad Filipović, COMPUTER SIMULATION OF MOTION OF MAGNETIC PARTICLES IN EXTERNAL MAGNETIC FIELD, Fourth Serbian (29th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics, Serbian Society of Mechanics, ISSN: 978-86-909973-5-0, pp. 751 - 756, Србија, 4. - 7. Jun, 2013
  5. Isailović Velibor, M. Nikolic, Milošević Žarko, Saveljić Igor, Dalibor Nikolić, Radović Miloš, Nenad Filipović, Finite Element Coiled Cochlea Model, Proceedings of the 12th International Workshop on the Mechanics of Hearing, AIP Publishing, ISSN: 0094-243x, ISBN: 978-0-7354-1350-4, Vol. 1703, pp. 070015-1 - 070015-4, Cape Sounio, Greece, 23. - 29. Jun, 2014 (doi: 10.1063/1.4939389)
  6. Dalibor Nikolić, Žarko Milošević, Igor Saveljić, Nenad Filipović, Development of the Software Tool for Generation and Visualization of the Finite Element Head Model with Bone Conduction Sounds, Mechanics of Hearing, 12th international workshop, Harvard Medical School, vol. 1703, Greece, 23. - 29. Jun, 2014 (doi: DOI:10.1063/1.4939372)
  7. Nebojša Zdravković, Dalibor Nikolić, Nenad Filipović, Žarko Milošević, Igor Saveljić, Neda Vidanović, Three-Dimensional Computer Model of Benign Paroxysmal Positional Vertigo in The Semi-Circular Canal, 2nd EAI International Conference on Future Access Enablers of Ubiquitous and Intelligent Infrastructures, EAI, ISSN: 978-3-319-27072-2, Serbia, 24. - 25. Oct, 2016
  8. Žarko Milošević, Dalibor Nikolić, Igor Saveljić, Miloš Radović, Velibor Isailović, Nebojša Zdravković, Nenad Filipović, Computer Modelling of Semicircular Canals in the Vestibular System, 15th IEEE International Conference on Bioinformatics & Bioengineering (BIBE), IEEE Computer Society, ISBN: 978-1-4673-7982-3, pp. 67 - 68, Serbia, 2. - 4. Nov, 2015 (doi: 10.1109/BIBE.2015.7367682)
  9. Velibor Isailović, M. Nikolic, Žarko Milošević, Dalibor Nikolić, Igor Saveljić, Miloš Radović, Nenad Filipović, Modeling of the coiled cochlea and organ of corti - using for the cochlear implants, ESAO, European Society for Artificial Organs, ISSN: 0391-3988 vol. 38, no. 7, pp. 405 - 405, Leuven, Belgium, 2. - 5. Sep, 2015, (doi: 10.5301/ijao.5000418)
  10. A. Vukićević, G. Jovičić, N. Jovičić, Ž. Milošević, N. Filipović, Assessment of bone stress intensity factor using artificial neural networks., IEEE 15th International Conference on



Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), Belgrade, 2. Nov - 5. Oct, 2015  
(doi: 10.1109/BIBE.2015.7367680)

11. И. Кончар, М. Sladojević, Д. Николић, Ж. Милошевић, М. Драгаш, И. Vanzić, М. Марковић, Н. Филиповић, Ј. Давидовић, Intraluminal thrombus asymmetrical deposition in ruptured and symptomatic abdominal aortic aneurysm., 2015 IEEE 15th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), ISBN: 978-1-4673-7984-7, pp. 1 – 3, Belgrade, Serbia, 2. - 4. Nov, 2015, (DOI:10.1109/BIBE.2015.7367666)
12. N. Filipović, M. Radović, V. Isailović, Ž. Milošević, D. Nikolić, I. Saveljić, T. Exarchos, D. Fotiadis, O. Parodi, Computer Modeling of Atherosclerosis, VII Kongres kardiovaskularnih hirurga Srbije, Novi Sad, Srbija, 27. - 29. Nov, 2014(doi:10.1007/978-1-4614-8785-2-7)
13. N. Zdravković, N. Filipović, N. Meunier, Ž. Milošević, M. Kojić, D. Fotiadis, O. Parodi, ARTreat project: Three-dimensional numerical simulation of plaque formation and development in the arteries, The 10th IEEE International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine, pp. 1 - 4, , Corfu, Greece, 3. - 5. Nov, 2010 (doi: 10.1109/ITAB.2010.5687676)
14. Ž. Milošević, B. Stojanović, V. Isailović, D. Nikolić, D. Milašinović, M. Radović, M. Kojić, T. Exarchos, K. Stefanou, P. Siogkas, A Sakelarios, D. Fotiadis, O. Parodi, Н. Здравковић, Н. Филиповић, Artool: A platform for the development of multi-level patient-specific artery and atherogenesis models, ISBN 978-86-909973-2-9, 3rd International Congress of Serbian Society of Mechanics (IConSSM 2011), pp. 1073 - 1081, Vlasina lake, Serbia, 2011.
15. N. Filipović, V. Isailović, Ž. Milošević, D. Nikolić, I. Saveljić, M. Radović, M. Nikolić, B. Anđelković-Ćirković, T. Exarchos, D. Fotiadis, G. Pelosi, O. Parodi, Computational modeling of plaque development in the coronary arteries, IFMBE Proceedings of the International Conference on Medical and Biological Engineering, CMБEBИH 2017, Springer, Singapore, ISBN: 978-981-10-4166-2, vol. 62, pp. 269 - 274, Sarajevo, BiH, 16. - 18. Mar, 2017 (doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-4166-2\\_40](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4166-2_40))
16. N. Filipovic, V. Isailovic, Z. Milosevic, D. Nikolic, I. Saveljic, M. Nikolic, М. Гачић, В. Cirkovic-Andjelkovic, M. Radovic, T. Exarchos, D. Fotiadis, G. Pelosi, O. Parodi, Modeling of plaque development in the coronary arteries, CARS 2017-Proceedings of the 31st International Congress and Exhibition, International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, Springer International Publishing, ISSN: 1861-6410, vol. 12, no. 1, pp. s62 - s63, Barcelona, Spain, 20. - 24. Jun, 2017 (doi: <https://doi.org/10.1007/s11548-017-1588-3>)
17. N. Filipović, V. Isailović, Ž. Milošević, D. Nikolić, I. Saveljić, M. Nikolić, M. Gačić, B. Anđelković-Ćirković, T. Exarchos, D. Fotiadis, G. Pelosi, O. Parodi, Coupled computer modeling of atherosclerosis development in the coronary arteries, 17th IEEE International Conference on Bioinformatics and BioEngineering, BIBE 2017, IEEE, pp. 415 - 418, ISSN: 2471-7819, ISBN: 978-1-5386-1324-5, Washington, DC, USA, USA, 23. - 25. Oct, 2017 (doi: <https://doi.org/10.1109/BIBE.2017.00-19>)

#### **M44 (Поглавље у књизи)**

1. Н. Филиповић, М. Којић, Б. Стојановић, В. Ранковић, М. Ивановић, В. Исаиловић, Н. Здравковић, А. Пеулић, М. Радосављевић, М. Милошевић, А. Цветковић, М. Радовић, М. Обрадовић-Брајковић, В. Ћировић, Р. Радаковић, Б. Ристић, Далибор Николић,



Жарко Милошевић, Дејан Петровић, Д. Милашиновић, Modeliranje nastanka i razvoja plaka, Osnovi bioinženjeringa, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac; Koraci d.o.o, Kragujevac, ISBN: 978-86-86685-66-7, pp. 179 – 198, 2012.

2. Н. Филиповић, М. Радовић, Д. Николић, И. Савелјић, Ж. Милошевић, G. Pelosi, D. Fotiadis, O. Parodi, Computer Predictive Model for Plaque Formation and Progression in the Artery, Handbook of Research on Trends in the Diagnosis and Treatment of Chronic Conditions, , 2015, (doi: 10.4018/978-1-4666-8828-5.ch013)

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

1. Zarko Milosevic, Milos Radovic, Joseph Bird, Zhongzhao Teng, M. Obradovic, Igor Saveljic, Slobodan Savic, Nenad Filipović, Plaque Progression Modeling by Using Hemodynamic Simulation and Histological Data, Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics, Serbian Society for Computational Mechanics, ISSN: 1820-6530, vol. 6, no. 2, pp. 122 - 132, , 2012 (UDC: 532.54:612.117).
2. M. Nikolic, Isailović Velibor, Dalibor Nikolić, Saveljić Igor, Milošević Žarko, Radović Miloš, Semmelbauer C, F. Böhnke, Nenad Filipović, Mechanical and Electro–Mechanical Box Cochlea Model, Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics, Srpsko drustvo za racunsku mehaniku (Serbian society for computational mechanics), vol. 8, no. 2, pp. 29 - 37, ISSN: 1820-6530, 2014 (UDC: 532.542:519.71, doi: 10.5937/jsscm1402029N)
3. V. Stojić, I. Saveljić, Ž. Milošević, D. Nikolić, T. Exarchos, N. Filipović, Modeling of patient-specific three semicircular canals, Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics, Srpsko drustvo za racunsku mehaniku, ISBN: 1820-6530, vol. 10, no. 2, pp. 57 - 65, Dec, 2016 (UDC: 612.858.3, doi: DOI:10.5937/jsscm1602057S)
4. N. Filipović, M. Radović, V. Isailović, Ž. Milošević, D. Nikolić, I. Saveljić, M. Nikolić, T. Đukić, B. Anđelković-Ćirković, T. Exarchos, N. Meunier, D. Fotiadis, Z. Teng, F. Böhnke, O. Parodi, A summary of results in modeling plaque formation and development, cochlea mechanics and vestibular disorders, Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics, Srpsko drustvo za racunsku mehaniku, ISSN: 1820-6530, vol. 10, no. 1, pp. 20 - 33, Dec, 2016. (UDC: 616.13-004.6-073, 616.13-004.921, doi:10.5937/jsscm1601020F)
5. N. Zdravković, D. Nikolić, Ž. Milošević, M. Radović, I. Saveljić, T. Exarchos, D. Fotiadis, G. Pelosi, O. Parodi, Computer modeling of restenosis and heating stent thermal effects in the coronary artery, Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics, Srpsko drustvo za racunsku mehaniku, ISSN: 1820-6530, vol. 7, no. 2, pp. 10 - 19, Nov, 2013 (UDC: 616.132.2-089.819:004.94).

#### **Учесће на научно – истраживачким пројектима**

1. Application of biomedical engineering for preclinical and clinical practice, III41007, financed by Ministry of Science and Technology of Republic of Serbia, 2011-2014. Principal investigator - prof. dr Nenad Filipović. The institution coordinating the research - Faculty of Mechanical Engineering, Kragujevac.
2. Иновациони пројекат - Развој информационог система за потребе катетер лабораторије, 2010
3. Multiscale Methods and Their Application in Nanomedicine, ON174028, financed by Ministry of Science and Technology of Republic of Serbia, 2011-2014. Principal investigator

- prof. dr Miloš Kojić. The institution coordinating the research - Faculty of Mechanical Engineering, Kragujevac.
4. Tempus Joint European project UM-JEP-17119-2002: Education network Based on Information Technology, 2006.
  5. ARTreat, Multi-level patient-specific artery and atherogenesis model for outcome prediction, decision support treatment, and virtual hand-on training, ICT-FP7 – 224297, University of Kragujevac 01.09.2008. – 31.08.2011.
  6. 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, FP7 – 600933, Bioengineering research and development center BIOIRC, Kragujevac, Serbia – 01.02.2013 – 31.01.2016
  7. EMBalance, A Decision Support System incorporating a validated patient-specific, multi scale Balance Hypermodel towards early diagnostic Evaluation and efficient Management plan formulation of Balance Disorders, FP7-ICT-2013-5-2-610454, Bioengineering research and development center BIOIRC, Kragujevac, Serbia 2013 – 2016
  8. SMARTool, Simulation Modeling of coronary ARTery disease: a tool for clinical decision support, H2020-PHC-2015-single-stage, Faculty of Engineering, Kragujevac, 2016-2019
  9. HarmonicSS, HARMONIZATION and integrative analysis of regional, national and international Cohorts on primary Sjögren's Syndrome (pSS) towards improved stratification, treatment and health policy making disease, H2020-SC1-2016-RTD, Bioengineering research and development center BIOIRC, Kragujevac, Serbia 01.01.2017 - 06.30.2020
  10. HOLOBALANCE, HOLOgrams for personalised virtual coaching and motivation in an ageing population with BALANCE disorders, H2020-SC1-2017-CNECT, Bioengineering research and development center BIOIRC, Kragujevac, Serbia, 2017-12-01 to 2020-11-30



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

Докторска дисертација кандидата Жарка Милошевића, дипл. маш. инж., под насловом "Развој софтверског алата за тродимензионалну реконструкцију и биомеханичку анализу зида аорте", усклађена је по обиму и садржају теми одобрене од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука и Стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу.

Резултати истраживања су у писаном делу докторске дисертације изложени на укупно 250 страна. Дисертација садржи 153 слика и цитирано је 148 библиографска податка. Рад чини седам тематских целина, односно поглавља, тако разврстаних да буду међусобно повезана, да представљају једну конзистентну целину. Сходно томе, наведена поглавља су сложена према следећем редоследу:

1. Увод;
2. Анеуризма абдоминалне аорте;
3. Сегментација анеуризме абдоминалне аорте;
4. Тродимензионална реконструкција абдоминалне аорте;
5. Биомеханичка анализа анеуризме абдоминалне аорте методом коначних елемената;
6. Моделирање материјалних карактеристика ткива зида ААА код пацијента;
7. Развој софтверског алата и

Литература.

У првом поглављу су дата уводна разматрања, хипотезе докторске дисертације и представљени су циљеви и методе које ће бити примењене у истраживању.

У поглављу број 2 дати су основни појмови који се тичу болести анеуризме абдоминалне аорте и њене анатомије. Објашњено је обољење аорте, фактори који утичу на њен развој, као и методе постављања дијагнозе и лечења. Описани су критеријуми за оцену ризика од пуцања, њихове мане и назначена потреба за њиховим побољшањем.

Поглавље 3 се бави описом метода коришћених у процесу сегментације лумена и ИЛТ-а ААА као и детаљним описом целокупног алгоритма за сегментацију оба региона. Описан је и поступак којим је тестирана ефикасност алгоритма којим је показано да су грешке између предложене методологије и два тачна решења упоредива са грешкама које се добијају поређењем два тачна резултата. На тај начин је потврђена применљивост методологије у клиничком окружењу. У закључним разматрањима су описане предности и мане развијеног решења као и следећи кораци у развоју.

Поглавље 4 се бави описом алгоритма за тродимензионалну реконструкцију абдоминалне аорте на основу контура добијених процесом сегментације. Дат је опис свих корака у фазама претпроцесирања и генерисања мреже састављене од хексаедарских елемената. Резултати тродимензионалне реконструкције су преко анализе квалитета показале да је приказана метода способна за креирање одличних мрежа за МКЕ анализу чак и у области бифуркације где је креирање мреже знатно отежано. У закључним разматрањима су описане предности и мане развијеног решења као и следећи кораци.

Поглавље 5 се бави биомеханичком анализом ААА методом коначних елемената где је дат опис целокупне методологије али и детаља нумеричких симулација коришћених у овом раду. У ретроспективној студији су поређене аорте 8 пацијената у различитим стадијумима болести којом је показано да је предложена методологија способна да врши њихово

разликовање као и да предвиди потенцијално место пуцања. У закључним разматрањима су описане предности и мане развијеног решења као и следећи кораци.

Поглавље 6 се бави описом развијеног модела вештачке неуронске мреже за одређивања модула еластичности зида аорте. Дат је опис моделирања неуронским мрежама, њихове архитектуре, мана у случајевима са малом количином података али и решења за заобилажење тог ограничења. Модел са успехом обједињује групу улазних параметара 113 пацијента добијених неинвазивним путем због чега се модел може сматрати моћним алатом за предвиђање и поред ограничене количине података. У закључним разматрањима су описане предности и мане развијеног решења као и следећи кораци.

Поглавље 7 се бави описом целокупне архитектуре развијеног софтверског алата који обједињује сва решења из претходних поглавља, неопходних за процену биомеханичких карактеристика ААА у употребљив и ефикасан производ што је показано преко тестова прихватљивости од стране крајњег корисника у клиничком окружењу. Дат је опис свих компоненти софтвера, целокупног интеграционог плана као и плана тестирања. Приложена су и корисничка упутства. У закључним разматрањима су описане предности и мане развијеног решења као и следећи кораци.

На самом крају се налази списак литературних извора.

## 5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Жарко Милошевић, дипл. маш. инж., је у оквиру ове докторске дисертације извршио систематизацију постојећих знања и искустава у области процесирања медицинских слика, реконструкције и биомеханичке анализе ААА као и моделирања њених материјалних карактеристика неуронских мрежама и развоја софтвера. У току израде предметне дисертације, кандидат је дошао до резултата и закључака који имају своје место и значај како у научно-теоријском, тако и у практичном смислу. Најважнији научни резултати докторске дисертације су:

- Развијено је решење за полуаутоматску и аутоматску сегментацију унутрашње и спољне границе ААА и дат целокупан његов опис;
- Развијено је решење за тродимензионалну реконструкцију ААА којим се добијају мреже састављене од хексаедарских елемената изузетног квалитета у свим деловима модела;
- Развијен је МКЕ модел којим се успешно извршила симулација и аквизиција биомеханичких карактеристика ААА.
- Развијен је модел вештачке неуронске мреже за процену модула еластичности са ограниченим бројем података задовољавајуће тачности.
- Развијен је робустан, ефикасан и интуитиван софтверски алат који обједињује предложена решења у употребљив и ефикасни софтверски производ за употребу у клиничком окружењу од стране лекара без икаквог техничког предзнања који у великој мери решава крајњег корисника мукотрпног рада који је незаобилазан код постојећих комерцијалних решења.



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

Резултати докторске дисертације кандидата Жарка Милошевића, дипл. маш. инж. под насловом **"Развој софтверског алата за тродимензионалну реконструкцију и биомеханичку анализу зида аорте"** применљиви су и корисни, како у теорији, тако и у пракси.

Предмет тезе био је примена инжењерског приступа за развој механизма неопходних за прикупљање информација који дају бољи увид у тренутно стање ААА код пацијента и ризик од пуцања исте. Развијен је софтверски алат који обједињује све те механизме у један коначан и употребљив производ. То је подразумевало развој решења за визуелизацију медицинских слика, полуаутоматску и аутоматску сегментацију региона лумена и ИЛТ-а ААА, генерисање тродимензионалне хексаедарске мреже коначних елемената аорте, одређивање њених материјалних карактеристика на нивоу пацијента, визуелизацију који ће модел аорте као и резултате прорачуна приказивати на начин разумљив крајњем кориснику и интеракцију за адекватно корисничко искуство. Једна од главних предности овог алата је што је оспособљен за извођене нумеричких симулација, коришћењем методе коначних елемената, на основу развијеног модела за те потребе. Тиме је дат бољи увид у стање пацијента, са биомеханичког аспекта, који је немогуће остварити конвенционалним методама.

Циљ спроведених симулација, користећи развијени софтверски алат, је био да се кроз проспективну студију нумеричким путем покаже да је развијени биомеханички модел способан да разликује различите стадијуме болести. Солид-флуид интеракцијом одређени су напони на зиду анеуризме трбушне аорте чије локације максималних вредности су се поклопиле са местима пуцања анеуризме што је од велико значаја ради схватања целокупног стања пацијента. На овај начин је показана применљивост и употребљивост целокупног софтверског алата као коначног производа.

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

Део научних резултата већ је верификован објављивањем научно-стручних радова у међународним и водећим националним научним часописима, као и на међународним научним скуповима.

Комисија сматра да истраживања и још необјављени резултати ове докторске дисертације пружају обиман и користан материјал за даље објављивање у међународним и водећим националним часописима и скуповима.

На основу свега изложеног Комисија доноси следећи:

## ЗАКЉУЧАК

Докторска дисертација кандидата Жарка Милошевића, дипл. маш. инж., у потпуности, како по обиму тако и по квалитету, одговара теми пријављене дисертације, одобрене одлуком бр. 01-1/2092-8 од 18.06.2015. године, од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

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

У току израде докторске дисертације, кандидат Жарко Милошевић, дипл. маш. инж., је самостално дошао до оригиналних научних резултата, који су приказани у овој докторској дисертацији. Ови резултати представљају значајан допринос у доменима процесирања медицинских слика, тродимензионалне реконструкције, примењене механике, машинског учења и софтверског инжењерства. Кандидат је показао да влада методологијом научно-истраживачког рада и да поседује способност прикупљања и критичке анализе публикација из релевантних 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 изнетог, Комисија за преглед и оцену писаног дела и усмену јавну одбрану докторске дисертације кандидата Жарка Милошевића, дипл. маш. инж., једногласно је закључила да докторска дисертација под насловом:

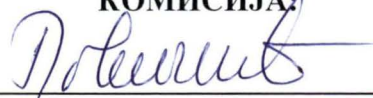
**„Развој софтверског алата за тродимензионалну реконструкцију и биомеханичку анализу зида аорте“**

по квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности испуњава све научне, стручне и законске критеријуме за израду докторске дисертације. Стога Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, да овај Извештај у потпуности прихвати и закаже јавну усмену одбрану наведене дисертације.

У Крагујевцу,

27. 06. 2018

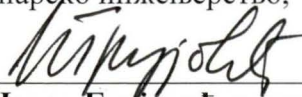
**КОМИСИЈА:**



**Др Гордана Јовчић**, редовни професор – председник комисије,  
Факултет инжењерских наука, Крагујевац,  
Ужа научна област: Примењена механика,



**Др Весна Ранковић**, редовни професор  
Факултет инжењерских наука, Крагујевац,  
Уже научне области: Аутоматика и  
мехатроника, Примењена информатика и  
рачунарско инжењерство,



**Др Ненад Грујовић**, редовни професор  
Факултет инжењерских наука, Крагујевац,  
Уже научне области: Примењена механика,  
Примењена информатика и рачунарско  
инжењерство



**Др Слободан Савић**, редовни професор –  
Факултет инжењерских наука, Крагујевац,  
Ужа научна област: Примењена механика,



**Др Лазар Велички**, доцент,  
Медицински факултет, Нови Сад,  
Ужа научна област: Хирургија-кардиохирургија.