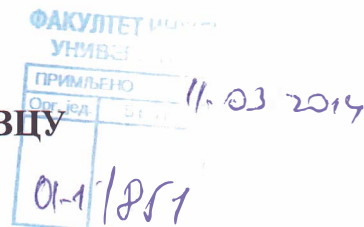


УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ



НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај Комисије о подобности кандидата и теме за докторску дисертацију

Одлуком Стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу бр. IV-01-71/12 од 12.02.2014 године именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности кандидата Игора Савељића, дипл. маш. инж. и теме докторске дисертације под насловом:

**„НУМЕРИЧКО РЕШАВАЊЕ ОДНОСА ПРАВОГ И ЛАЖНОГ ЛУМЕНА
АКУТНЕ АОРТНЕ ДИСЕКЦИЈЕ“**

На основу увида у приложену документацију, Комисија подноси Наставно – научном већу Факултета инжењерских наука следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1.1 Биографија кандидата

Лични подаци

Игор Савељић, дипл. маш. инж., рођен је 28.04.1983. године у Крагујевцу, Република Србија, СФРЈ. Завршио је Основну школу „Драгиша Михаиловић“ у Крагујевцу, док је средњошколско образовање стекао у „Првој техничкој школи“, такође у Крагујевцу.

Машински факултет у Крагујевцу уписао је школске 2002/2003. године, а дана 06.10.2009. је завршио студије на поменутом факултету на смеру информатика у инжењерству са општим успехом 8.42 (осам 42/100) у току студија, и оценом 10 (десет) на дипломском испиту из предмета Софтверски алати за пројектовање. Школске 2009/2010. године уписао је докторске студије на Машинском факултету у Крагујевцу на смеру за примењену информатику и рачунарско инжењерство.

Професионалну каријеру је започео 2010. године у Истраживачко – развојном центру за биоинжењеринг. Активно учествује у извођењу вежби из предмета: Механика флуида, Техничко цртање са компјутерском графиком, Биоинжењеринг и Биоинформатика, Рачунска динамика флуида и Софтверски инжењеринг.

Научно истраживачки рад

Игор Савељић, као аутор или коаутор објавио је укупно 20 радова у научно – стручним часописима као и на међународним и домаћим научно – стручним скуповима.

Списак објављених радова

M21 (Рад у врхунском међународном часопису) (2)

1. Nenad Filipovic, Zhongzhao Teng, Milos Radovic, Igor Saveljic, Dimitris Fotiadis and Oberdan Parodi, Computer simulation of three dimensional plaque formation and progression in the carotid artery, Medical and biological engineering and computing., Vol. 51(6), pp. 607-616, 2013 (doi:10.1007/s11517-012-1031-4)
2. Nenad Filipovic, Dalibor Nikolic, Igor Saveljic, Zarko Milosevic, Themis Exarchos, Gualtiero Pelosi and Oberdan Parodi, Computer simulation of three dimensional plaque formation and progression in the coronary artery, Computers and Fluids, Vol. 88, pp. 826–833, 15 December 2013 (doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.compfluid.2013.07.006)

M22 (Рад у истакнутом међународном часопису) (2)

1. Filipovic N, Nikolic D, Saveljic I, Djukic T, Adjic O, Kovacevic P, Cemerlic-Adjic N, Velicki L, Computer simulation of thromboexclusion of the complete aorta in the treatment of chronic type B aneurysm, Comput Aided Surgery, Vol. 18(1-2), pp. 1-9, 2013 (doi: 10.3109/10929088.2012.741145)
2. Filipovic N, Nikolic D, Saveljic I, Tanaskovic I, Zdravkovic N, Zivanovic A, Arsenijevic P, Jeremic B and Arsenijevic S, Computer simulation of cervix tissue response to a hydraulic dilator device, Theoretical Biology and Medical Modelling, Vol. 10:64, 2013 (doi:10.1186/1742-4682-10-64)

M23 (Рад у међународном часопису) (1)

1. Peulić, A., Milojevic, N., Jovanov, E., Radović, M., Saveljić, I., Zdravković, N., Filipović, N., Modeling of Arterial Stiffness using Variations of Pulse Transit Time, Computer Science and Information Systems, Vol. 10, No. 1, pp. 547-565, 2013 (doi:10.2298/CSIS120531015P)

M33 (Саопштење са међународног скупа штампано у целини) (10)

1. Peulic, E. Jovanov, M. Radovic, I. Saveljic, N. Zdravkovic, N. Filipovic: Arterial Stiffness modeling using variations of Pulse Transit Time, 10thBioEng, 5-7 October 2011, Kos, Greece.
2. Filipovic N, Teng Z, Milosevic Z, Nikolic D, Radovic M, Saveljic I, Exarchos T, Fotiadis DI, Gillard J, Parodi O, Computer simulation of three-dimensional plaque formation and progression in the carotid artery. EAS 2012, the 80th European Atherosclerosis Society Congress, May 25-28, 2012, Milan, Italy.
3. Filipovic N, Nikolic D, Milosevic Z, Saveljic I, Tanaskovic I, Colic M, Rosic M: Experimental and computational LDL transport model through arterial wall. COST Action MP1005; 2nd Joint Meeting, September 4-5, 2012, Vienna, Austria.
4. Koncar I., Krsmanovic D., Saveljic I., Isailovic V., Davidovic L., Filipovic N., Computer Simulation of Endoluminal Stent-Graft Migration, European Society for Artificial Organs, XXXIX ESAO 2012, September 26-29, 2012, Rostock, Germany.
5. Filipovic N., Kojic M., Teng Z., Radovic M., Saveljic I., Themis E., Parodi O., Computer Simulation of Three-Dimensional Plaque Formation and Progression in the Carotid Artery,

Извештај Комисије о подобности докторске дисертације Игора Савелјића, дипл. маш. инж.

Parallel CFD, 24th International Conference on Parallel Computational Fluid Dynamics, May 21– 25, 2012, Atlanta, USA.

6. Igor Saveljic, Aleksa Janovic, Dalibor Nikolic, Zoran Rakocevic, Marija Djuric and Nenad Filipovic, Finite element analysis of the facial skeleton on simulated occlusal loading, Fourth Serbian (29th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics, 4-7 June 2013, Vrnjačka Banja, Serbia.
7. L. Velicki, N. Čemerlić-Adić, R. Jung, N. Tomić, O. Adić, D. Nikolić, I. Saveljić, D. Milašinović, N. Filipović, Evaluation of borderline coronary lesions using noninvasive computed fractional flow reserve, 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, June 4-7, 2013, Vrnjačka Banja, Serbia.
8. Z. Milošević, D. Nikolić, I. Saveljić, M. Radović, T. Exarchos, O. Parodi, N. Filipović, Three-dimensional computer modeling of plaque formation and ldl transport within artery and through the vessel wall, 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, June 4-7, 2013, Vrnjačka Banja, Serbia.
9. Z. Milosevic, M. Radovic, D. Nikolic, I. Saveljic., V. Isailovic, M. Obradovic, D. Petrovic, E. Themis, D. Fotiadis, W. Pelosi, O. Parodi, M. Kojic and N. Filipovic, Plaque Formation Modeling – from Animal to Human Studies. SEECM III, 3rd South-East European Conference on Computational Mechanics- an ECCOMAS and IACM Special Interest Conference, M. Papadrakakis, M. Kojic, I. Tuncer (eds.), 12–14 June 2013, Kos Island, Greece.
10. Nenad Filipovic, Dalibor Nikolic, Zarko Milosevic, Milos Radovic, Igor Saveljic, Themis Exarcous, Dimitris Fotiadis, Walter Pelosi and Oberdan Parodi, Plaque progression modeling by using computer simulation and imaging data, Biomedical Engineering, February 13-15, 2013, Innsbruck, Austria.

M44 (Поглавље у књизи) (1)

1. S. Arsenijević, G. Vukčević, J. Djurić, N. Ćakić, B. Jeremić, S. Raičević, I. Mačužić, P. Todorović, N. Filipović, D. Nikolić, I. Saveljić, P. Arsenijević, A. Živanović, N. Zdravković, N. Zdravković, V. Panić, S. Djukić- Dejanović, S. Lazarević, N. Arsenijević „Dilatacija (ne)moguceg“, Chapter in book: „Kompjutersko modeliranje dilatacije hidrauličnim i hegar dilatatorom cerviksnog kanala“, Faculty of medical science, Kragujevac, Serbia, pp. 153-170, 2013.

M53 (Рад у научном часопису) (4)

1. 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, 2011 / pp. 129-146, (UCD: 616.13-004:004.925.84)
2. 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.

Извештај Комисије о подобности докторске дисертације Игора Савелјића, дипл. маш. инж.

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, 2012 / pp 11 -28, (UDC:004.921;616.13-004.6-073)

3. Z. Milosevic, M. Radovic, Z. Teng, J. Bird, M. Obradovic, I. Saveljic, S. Savic , N. Filipovic, Plaque Progression Modeling by Using Hemodynamic Simulation and Histological Data, Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics / Vol.6/ No.2, 2012/ pp.122-132, (UDC:532.54:612.117)
4. Saveljić I B, Milošević M S. Upravljanje nelinearnih procesa putem modifikovanog PID zakona upravljanja. Tehnika - Mašinstvo. 2008; 57(2):7-13. ISSN: 0461-2531.

Учешће на научно – истраживачким пројектима

1. Оквирни пројекат: FP7- ICT IP-224297-ARTreat (09/01/08-08/31/11) Multi-level patient-specific artery and atherogenesis model for outcome prediction, decision support treatment, and virtual hand-on training.
2. ОИ-174028, финансиран од стране Министарства за науку и технолошки развој, 2011-2014, Методе моделирања на више скала са применама у биомедицини. Руководилац пројекта проф. др. Милош Којић. Носилац истраживања Истраживачко – развојни центар за биоинжењеринг, БиоИРЦ, Крагујевац.
3. 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, 01.02.2013 – 31.01.2016. <http://www.sifem-project.eu/>.

1.2 Подаци о теми докторске дисертације

а) Наслов докторске дисертације

Комисија се слаже са предложеним насловом докторске дисертације:

НУМЕРИЧКО РЕШАВАЊЕ ОДНОСА ПРАВОГ И ЛАЖНОГ ЛУМЕНА АКУТНЕ АОРТНЕ ДИСЕКЦИЈЕ

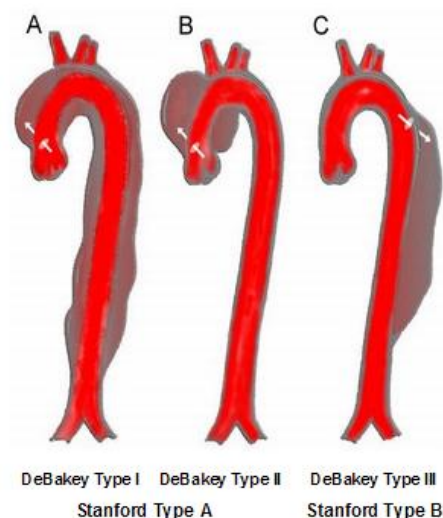
б) Предмет дисертације

Кардиоваскуларна болест је општи израз који подразумева бројне клиничке ентитете којима је заједничко да су локализовани на срцу и/или крвним судовима (артерије и вене). Болести срца и крвних судова су међу најчешћим болестима у развијеним земљама и водећи су узрок смрти. Према статистичким подацима који се односе на структуру морталитета у нашој земљи, ове болести су међу најчешћим узроцима смрти – у преко 50% умрлих.

Савремен начин живота, свакодневна изложеност стресу, нередовна исхрана, гојазност, смањење физичке активности су само неки од разлога настанка хипертензије, као једног од најзначајнијих фактора ризика за настанак кардиоваскуларних обољења. Хипертензија подразумева акутно стање или хроничну болест у којој је повишен артеријски крвни притисак. Често нема препознатљиве симптоме, због чега се назива и „тихим убицом“. Код

Извештај Комисије о подобности докторске дисертације Игора Савељића, дипл. маш. инж. већине болесника артеријска хипертензија најчешће протиче без или уз минималне симптоме, па је тек анеуризма и дисекција аорте откривају, због чега је неопходно њено рано откривање и лечење.

Дисекција аорте представља веома озбиљно – животно угрожавајуће и ургентно стање, у којем долази до цепања и раслојавања (лат. *Dissectio*) унутрашњег слоја аортног зида (ендотела аорте), док спољњи слој остаје нетакнут. Смртност је 1% на сваких сат времена од настанка дисекције и у првих неколико дана умире око 98% пацијената. Почиње малом пукотином у слоју интимае, али како крв која протиче кроз аорту има висок притисак (преко 120 mmHg у току систоле), мала пукотина постаје брзо све шири. Крв кроз расцеп продире у аортни зид - слој медије, наставља даље цепање и раслојавање слоја медије и ствара нови канал у зиду аорте чиме настаје још један, лажни лумен. Аортна дисекција је по живот опасан догађај јер може довести до развоја можданог удара, изненадног престанка рада срца, до прекида дотока крви до главних органа, или до потпуног расцепа аорте – пуцања аорте (руптура) и смртоносног крварења. Постоје два система у односу на екстензивност дисекционог процеса према којима се врши класификација дисекције аорте: Станфорд (енг. *Stanford*) и Де Бакеј (енг. *DeBakey*) класификација. Станфорд класификација дели дисекцију аорте на тип А (проксимална) и тип Б (дистална). Тип А дисекције увек захвата асцендентну аорту и може да се шири на лук и десцендентну аорту, док тип Б увек захвата десцендентну аорту и може ретроградно да захвати и лук аорте. Класификација по Де Бакеју детаљније дели дисекцију у подгрупе. Тип I захвата целу аорту, тип II захвата асцендентну, док тип III захвата десцендентну аорту. У суштини, Станфорд тип А подразумева Де Бакеј тип I и II, док Станфорд тип Б подразумева Де Бакеј тип III. Све групе дисекција у односу на темпоралну одредницу могу се видети у акутним или хроничним фазама. Хроничном дисекцијом се сматра она код које је прошло више од 14 дана од акутних тегоба или прве дијагнозе.



Бројна литература проучава узрочнике настанка дисекције аорте одређеног типа као и начине на који делују, али не разматрају судбину лажног лумена након операције, затим како операција решава проблем малперфузије, односно опструкцију протока у гранама дуж аорте за сва три типа дисекције по Де Бакеју.

Развој рачунарске технике доприноси томе да се све већи број реалних проблема решава математичким моделирањем. Метод коначних елемената (МКЕ) је доминантан нумерички метод решавања поља физичких величина како у класичном инжењерству тако и у биоинжењерингу. Највећи допринос нумеричких метода се огледа код проблема који се не

Извештај Комисије о подобности докторске дисертације Игора Савељића, дипл. маш. инж. могу или се врло тешко решавају аналитичким путем, а ове методе уз одређене апроксимације могу дати задовољавајућа решења. Применом ових метода доктори би добили одговоре какав утицај операција има на резолуцију малперфузије, односно да ли се проток кроз гране захваћене дисекцијом стабилизује или и даље постоји малперфузија.

в) Основне полазне хипотезе

Основне хипотезе од којих се полази при раду на докторској дисертацији:

- Са становишта механике флуида, кардиоваскуларни систем се посматра као систем код кога се струјање одвија са доминацијом вискозних или инерцијалних сила.
- За струјање крви у аорти важи да су доминантне инерцијалне силе у односу на вискозне.
- Однос инерцијалних (нестационарних) и вискозних сила се дефинише Вомерслеовим бројем.
- Рејнолдсови бројеви на максимуму систоле су реда величине $Re = 4000$.
- Рачунање смицајног напона на зиду се добија преко брзине трења.
- Смицајни напон, као и притисак, индицирају потенцијална места настанка рупуре лажног лумена у прави.

1.3 Подобност кандидата

На основу објављених радова у међународним часописима и на међународним конференцијама, досадашњег рада на домаћим и међународним пројектима, залагањем у наставном процесу, као и успеха постигнутог на последипломским студијама кандидат Игор Савељић, дипл. маш. инж. је показао да је подобан да приступи изради докторске дисертације на Факултету инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу.

1.4 Преглед стања у подручју истраживања

Симулације динамичког понашања флуида-крви у аорти са и без дисекције, затим симулације протока и притисака у опструираним гранама аорте услед дисекције, од великог су значаја у медицини. Симулације овог типа могу доста помоћи лекарима јер могу да пруже увид у даљи развој болести. У прилог овоме, треба поменути да је смртност након операције око 25-30%, у случају дисекције типа I и II по Де Бакеју, па зато ово озбиљно и ургентно стање у кардиохирургији захтева пуну пажњу како би се ова појава што боље разумела.

Истраживања у оквиру теме докторске дисертације ослањаће се на истраживања представљена у следећој полазној литератури:

1. Chen et al.: A patient-specific study of type-B aortic dissection: evaluation of true-false lumen blood exchange. *BioMedical Engineering OnLine* 2013 12:65.
2. Morris L, Delassus P, Callanan A, Walsh M, Wallis F, Grace P, McGloughlin T: 3-D numerical simulation of blood flow through models of the human aorta. *J Biomech Eng* 2005, 127:767–775.

Извештај Комисије о подобности докторске дисертације Игора Савељића, дипл. маш. инж.

3. Gardhagen R, Renner J, Lanne T, Karlsson M: Subject Specific Wall Shear Stress in the Human Thoracic Aorta. *WSEAS Trans Biol Biomed* 2006, 3:609–614.
4. Stevenson LG, Ceawford ES. Aortic Dissection and aortic aneurysm surgery: clinical observations, experimental investigations, and statistical analyses. Part II. *Curr Probl Surg* 1992; 29:913-1057.
5. Wheat MW Jr: Acute dissection of the aorta. *Cardiovasc Clin* 1987, 17:241–262.
6. Clouse WD, Hallett JW, Jr., Schaff HV, Spittell PC, Rowland CM, Ilstrup DM, et al. Acute aortic dissection: population-based incidence compared with degenerative aortic aneurysm rupture. *Mayo Clin Proc* 2004 Feb;79(2):176-80.
7. Khan IA, Nair CK: Clinical, diagnostic, and management perspectives of aortic dissection. *Chest* 2002, 122:311–328.
8. El Zahab Z, Divo E, Kassab A: Minimisation of the wall shear stress gradients in bypass grafts anastomoses using meshless CFD and genetic algorithms optimisation. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2010, 13:35–47.
9. Elefteriades JA. Indications for aortic replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010 Dec;140(6Suppl):S5-S9.
10. Kwong MT, Chiu P, Lee HP, Ho P: Investigation of hemodynamic in the development of dissecting aneurysm within patient-specific dissecting aneurysmal aortas using computational fluid dynamics (CFD) simulations. *J Biomech* 2010, 44:827–836.
11. Axner L, Hoekstra AG, Jeays A, Lawford P, Hose R, Sloot PM: Simulations of time harmonic blood flow in the Mesenteric artery: comparing finite element and lattice Boltzmann methods. *Biomed Eng Online* 2009, 8:23.
12. Tsai TT, Trimarchi S, Nienaber CA. Acute aortic dissection: perspectives from the International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD). *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2009 Feb;37(2):149-59. Epub 2008 Dec 20.
13. Fan Y, Cheng WK, Qing KX, Chow KW: Endovascular repair of type B aortic dissection: a study by computational fluid dynamics. *J Biomed Sci Eng* 2010, 3:900–907.
14. Cheng Z, Tan FP, Riga CV, Bicknell CD, Hamady MS, Gibbs RG, Wood NB, Xu XY: Analysis of flow patterns in a patient-specific aortic dissection model. *J Biomech Eng* 2010, 132:051007.
15. Karmonik C, Bismuth J, Davies MG, Shah DJ, Younes HK, Lumsden AB: A Computational Fluid Dynamics Study Pre- and Post-Stent Graft Placement in an Acute Type B Aortic Dissection. *Vasc Endovascular Surg* 2011, 45:157–164.
16. Cheng SWK, Lam ESK, Fung GSK, Ho P, Ting ACW, Chow KW: A computational fluid dynamic study of stent graft remodeling after endovascular repair of thoracic aortic dissections. *J Vasc Surg* 2008, 48:303–310.
17. Karmonik C, Bismuth J, Shah DJ, Davies MG, Purdy D, Lumsden AB: Computational Study of Haemodynamic Effects of Entry- and Exit- Tear Coverage in a DeBakey Type III Aortic Dissection: Technical Report. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2011.

Извештај Комисије о подобности докторске дисертације Игора Савељића, дипл. маш. инж.

18. Karmonik C, Bismuth J, Davies MG, Shah DJ, Younes HK, Lumsden AB: A Computational Fluid Dynamics Study Pre- and Post-Stent Graft Placement in an Acute Type B Aortic Dissection. *Vasc Endovascular Surg* 2011, 45:157–164.
19. Shahcheraghi N, Dwyer HA, Cheer AY, Barakat AI, Rutaganira T: Unsteady and three-dimensional simulation of blood flow in the human aortic arch. *J Biomech Eng* 2002, 124:378–387.
20. Thubrikar, M.J., Agali, P., Robicsek, F.: Wall stress as a possible mechanism for the development of transverse intimal tears in aortic dissections. *J. Med. Eng. Technol.* 23, 127–134 (1999).
21. Tsai, T.T., Schlicht, M.S., Khanafer, K., Bull, J.L., Valassis, D.T., Williams, D.M., Bergner, R. and Eagle, K.A. (2008) Tear size and location impacts false lumen pressure in an ex vivo model of chronic type B aortic dissection. *Journal of Vascular Surgery*, 47(4), 844-851.

1.5 Значај и циљ истраживања са становишта актуелности у одређеној научној области

Циљ тезе је да се применом нумеричких симулација одреде притисци и смицајни напони у лажном лумену како би се добила потенцијална места руптуре у сам лумен аорте. Та потенцијално опасна места представљају будућу позицију пласирања стента у циљу превенције од стварања руптуре у прави лумен.

Следећи циљ биће да се виртуелним симулирањем ефекта операције (исечањем асцендентне аорте и замене тубус графтом) одреде протоци кроз бочне опструираних гране аорте захваћене дисекцијом, што ће показати колико хируршки захват замене асцендентне аорте тубус графтом и прекидања даљег дотока крви на улазу лажног лумена, има утицаја на проток кроз мезентричне и реналне гране.

Такође, циљ је и налажење корелације величине улаза (енг. entry), дужине дисекције, величине лажног лумена и малперфузије.

1.6 Веза са досадашњим истраживањима

Током свог научно - истраживачког рада, кандидат се бавио кључним аспектима на којима се докторска дисертација базира и то анализом динамичког понашања флуида - крви у артеријама. То је поткрепљено радовима на СЦИ листи и на међународним конференцијама, као и учествовањем у пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Већина објављених радова кандидата су уско повезани са проблематиком струјања вискозних и инерцијалних сила у артеријама као и у одређивању физичких величина које доминирају у тим процесима.

1.7 Методе истраживања

Основни метод који ће бити коришћен у овом раду јесте метод коначних елемената (МКЕ). Одређивање брзине струјања флуида, притисака и смицајних напона у чворовима коначних елемената биће одређивани у карактеристичним тачкама пулзаторне криве струјања крви. За сегментацију ЦТ снимака пацијената са дијагностикованом дисекцијом аорте и креирање мреже коначних елемената биће коришћени софтвери Mimics и TetGen. У раду ће бити

Извештај Комисије о подобности докторске дисертације Игора Савељића, дипл. маш. инж. анализирани пацијенти са сва три типа дисекције по Де Бакеју. Симулације ће бити обављане помоћу програмског пакета ПАК-СФ, развијеним у Лабораторији за инжењерски софтвер на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, а добијени резултати биће делом приказивани САД програмом, а делом помоћу мулти-платформске апликације ParaView.

1.8 Очекивани резултати докторске дисертације

Реализацијом предвиђених истраживања у оквиру ове докторске дисертације очекују се следећи резултати, који представљају допринос овог рада:

- Анализом протока кроз оба лумена аорте, затим анализом смицајних напона и дистрибуције притисака, утврдиће се потенцијално опасна места у лажном лумену која доводе до руптуре у прави лумен за сва три типа дисекције по Де Бакеју,
- Виртуелним извођењем ефекта операције, односно исецања асцендентне аорте и замене тубус графтом, а затим и симулацијама применом методе коначних елемената, истражио би се утицај статичке и динамичке опструкције на паријеталне и висцералне гране након тога.
- Проналажење оптималне позиције стента код дисекције типа I и II.

1.9 Оквирни садржај рада

1. Увод
2. Дисекција аорте
3. Решавање нелинарних проблема методом коначних елемената
4. Солид - Флуид интеракција
5. Материјали и методе
6. Нумеричка решења
7. Закључна разматрања
8. Литература

1.10 Име ментора са образложењем

Ментор кандидата је др Ненад Филиповић, редовни професор на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу. Др Ненад Филиповић је одбранио докторски рад на Машинском факултету у Крагујевцу на катедри за примењену механику и аутоматско управљање. Публиковао је монографију Основи биоинжењеринга у којој систематски обрађује основне појмове из области биоинжењеринга са освртом на нека конкретна експериментална истраживања. Има 49 објављена рада који се налазе на СЦИ листи у последњих десет година, тако да испуњава све услове да буде ментор ове дисертације.

Радови у међународним часописима на СЦИ листи објављени у последњих 10 година научно - истраживачког рада редовног професора др Ненада Филиповића:

M21

1. Filipovic N., Mijailovic S., Tsuda A. and Kojic M., An Implicit Algorithm Within The Arbitrary Lagrangian-Eulerian Formulation for Solving Incompressible Fluid Flow With

Извештај Комисије о подобности докторске дисертације Игора Савељића, дипл. маш. инж.

- Large Boundary Motions, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering.*, Vol. 195, pp. 6347-6361, ISSN 0045-7825, 2006
2. Haber S., Filipovic N., Kojic M. and Tsuda A., Dissipative Particle Dynamics Simulation of flow generated by two rotating concentric cylinders. Part I: Boundary conditions, *Physical Review E*, Vol. 74, pp. 1-8, ISSN 1539-3755, 2006
 3. Filipovic, N., Haber, S., Kojic, M., Tsuda, A., Dissipative particle dynamics simulation of flow generated by two rotating concentric cylinders: II. Lateral dissipative and random forces, *Journal of Physics. D: Applied Physics*, Vol. 41, No. 3, pp. 6, ISSN 0022-3727, doi:10.1088/0022-3727/41/3/035504, 2008
 4. Filipovic, N., Kojic, M., Tsuda, A., Modeling thrombosis using dissipative particle dynamics method, *Philosophical Transactions of the Royal Society. A*, Vol. 366, No. 1879, pp. 3265-3279, ISSN 1364-503, 2008
 5. Filipovic, N., M. Ivanovic, M. Kojic, A comparative numerical study between dissipative particle dynamics (DPD) and smooth particle dynamics (SPH) when applied to simple unsteady flows, *Microfluidics and Nanofluidics*, Vol. 7, No. 2, pp. 227-235, ISSN 1613-4982, 2008
 6. Filipovic, N., Ravnic, D.J. Kojic, M., Mentzer, S.J., Haber, S. Tsuda, A., Interactions of Blood Cell Constituents: Experimental investigation and Computational Modeling by Discrete Particle Dynamics Algorithm, *Microvascular Research*, Vol. 75, pp. 279-284, ISSN 0026-2862, 2008
 7. Filipovic, N., Ravnic, D.J. Kojic, M., Mentzer, S.J., Haber, S. Tsuda, A., Interactions of Blood Cell Constituents: Experimental investigation and Computational Modeling by Discrete Particle Dynamics Algorithm, *Microvascular Research*, Vol. 75, No. 2, pp. 279-284, ISSN 0026-2862, 2008
 8. Kojic, M., Filipovic, N., Tsuda, A., A mesoscopic bridging scale method for fluids and coupling dissipative particle dynamics with continuum finite element method, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 197, No. 6-8, pp. 821-833, ISSN 0045-7825, 2008
 9. Kojic, M., Filipovic, N., Tsuda, A., A mesoscopic bridging scale method for fluids and coupling dissipative particle dynamics with continuum finite element method, *Comput. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 197, pp. 821-833, ISSN 0045-7825, 2008
 10. Tsuda, A., Filipovic, N., Haberthür, D., Dickie, R., Matsui, Y., Stampanoni, M. and Schittny, J.C., Finite element 3D reconstruction of the pulmonary acinus imaged by synchrotron X-ray tomography, *Journal of Applied Physiology*, Vol. 105, No. 1, pp. 964-976, ISSN 8750-7587, 2008
 11. Filipovic, N., A. Cvetkovic, V. Isailovic, Z. Matovic, M. Rosic and M. Kojic., Computer simulation of flow and mixing at the duodenal stump after gastric resection, *World Journal of Gastroenterology*, Vol. 15, No. 16, pp. 1990-1998, ISSN 1007-9327, 2009
 12. Filipovic, N., AkiraTsuda, Grace S. Lee, Lino F. Miele, Miao Lin, Moritz A., Konerding, and Steven J. Mentzer, *Computational Flow Dynamics in a Geometric Model of*

Извештај Комисије о подобности докторске дисертације Игора Савељића, дипл. маш. инж.

Intussusceptive Angiogenesis, *Microvascular Research*, Vol. 78, No. 3, pp. 286-293, ISSN 0026-2862, 2009

13. Filipovic, N., Vulovic, R., Peulic, A., Radakovic, R., Kosanic, Dj. and Ristic., B., Noninvasive determination of knee cartilage deformation during jumping, *Journal of Sports Science and Medicine*, Vol. 8, No. 1, pp. 584-590, ISSN 1303-2968, 2009
14. Filipovic, N., M. Kojic, M. Ferrari, Dissipative Particle Dynamics Simulation of Circular and Elliptical Particles Motion in 2D Laminar Shear Flow, *Microfluidics and Nanofluidics*, Vol. 10, No. 5, pp. 1127-1134, ISSN 1613-4982, 2010
15. Kojic N., A. Huang, E. Chung, M.Ivanovic, N.Filipovic, M. Kojic, and D. Tschumperlin, A 3-D model of ligand transport in a deforming extracellular space, *Biophysical Journal*, Vol. 99, No. 11, pp. 3517-3525, ISSN 0006-3495, 2010
16. Lee G, Filipovic, N., Blood flow shapes intravascular pillar geometry in the chick chorioallantoic membrane, *Journal of Angiogenesis Research*, Vol. 11, No. 2, pp. 1-9, ISSN 2040-2384, 2010
17. Dimitric-Markovic M, Markovic Z, Brdaric T, Filipovic N, Comparative spectroscopic and mechanistic study of chelation properties of fisetin with iron in aqueous buffered solutions. Implications on in vitro antioxidant activity, *Dalton transactions*, Vol. 40, No. 17, pp. 4560-4571, ISSN 1477-9226, 2011
18. Dimkic M, Pusic M, Vidovic D, Isailovic V, Majkic B Filipovic N, Numerical Model Assessment of Radial-Well Aging, *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 25, No. 1, pp. 43-49, ISSN 0887-3801, 2011
19. Filipovic N, Isailovic V, Djukic T, Ferrari M, Kojic M, Multi-scale modeling of circular and elliptical particles in laminar shear flow, *IEEE Trans Biomed Eng.*, Vol. 59, No. 1, pp. 50-53, doi:10.1109/TBME.2011.2166264, PMID: 21878403, ISSN 0018-9294, 2011
20. Filipovic N., M. Ivanovic, D. Krstajic and M.Kojic, Hemodynamic Flow Modeling through an Abdominal Aorta Aneurysm Using Data Mining Tools, *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Vol. 15, No. 2, pp. 189-194, ISSN 1089-7771, 2011
21. Lee G, Filipovic N, Lin M, Gibney B Simpson D, Konerding M, Tsuda A, Mentzer S, Intravascular Pillars and Pruning in the Extraembryonic Vessels of Chick Embryos, *Developmental dynamics*, Vol. 240, No. 6, pp. 1335-1343, ISSN 1058-8388, 2011
22. Markovic Zoran S, Dimitric-Markovic Jasmina M, Milenkovic Dejan, Filipovic N, Mechanistic study of the structure-activity relationship for the free radical scavenging activity of baicalein, *Journal of molecular modeling*, Vol. 17, No. 10, pp. 2575-2584, ISSN 0948-5023, 2011
23. Filipovic N., Isailovic V., Djukic T., Ferrari M., Kojic M., Multiscale Modeling of Circular and Elliptical Particles in Laminar Shear Flow, *IEEE transactions on biomedical engineering*, Vol. 59, No. 1, pp. 50-53, doi:10.1109/TBME.2011.2166264, 2012
24. N. Filipovic, M. Rosic, I. Tanaskovic, Z. Milosevic, D. Nikolic, N. Zdravkovic, A. Peulic, M. Kojic, D. Fotiadis, O. Parodi, ARTreat Project: Three-dimensional Numerical Simulation of Plaque Formation and Development in the Arteries, *IEEE Transactions on*

Извештај Комисије о подобности докторске дисертације Игора Савелјића, дипл. маш. инж.

Information Technology in Biomedicine, Vol. 16, No. 2, pp. 272-278, ISSN 1089-7771, 2012

25. O. Parodi, T. Exarchos, P. Marraccini, F. Vozzi, Z. Milosevic, D. Nikolic, A. Sakellarios, P. Siogkas, D. Fotiadis, N. Filipovic, Patient-specific prediction of coronary plaque growth from CTA angiography: a multiscale model for plaque formation and progression, Information Technology in Biomedicine, Vol. 16, No. 5, pp. 952-956, ISSN 1089-7771, 2012
26. 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, ISSN 1089-7771, doi:10.1109/TITB.2011.2164546, 2012
27. Dimkic M., Rankovic V., Filipovic N., Stojanovic B., Isailovic V., Pusic M., Modeling of radial well lateral screens using 1D finite elements, Journal of Hydroinformatics, Vol. 15, No. 2, pp. 405-415, ISSN 1464-7141, doi:10.2166/hydro.2012.008, 2013
28. Filipovic N., Teng Z., Radovic M., Saveljic I., Fotiadis D., Parodi O., Computer simulation of three dimensional plaque formation and progression in the carotid artery, Medical & Biological Engineering and Computing, Vol. 51, No. 6, pp. 607-616, doi:10.1007/s11517-012-1031-4, ISSN 0140-0118, 2013
29. Filipovic Nenad D, Gibney Barry C, Kojic Milos R, Nikolic Dalibor, Isailovic Velibor, Ysasi Alexandra, Konerding Moritz A, Mentzer Steven J, Tsuda Akira, Mapping cyclic stretch in the postpneumonectomy murine lung, Journal of Applied Physiology, Vol. 115, No. 9, pp. 1370-1378, doi:10.1152/jappphysiol.00635.2013, ISSN 8750-7587, 2013
30. Nenad Filipovic, Dalibor Nikolic, Igor Saveljic, Zarko Milosevic, Themis Exarchos, Gualtiero Pelosi and Oberdan Parodi, Computer simulation of three dimensional plaque formation and progression in the coronary artery, Computers and Fluids, Vol.88, pp. 826-833, ISSN 0045-7930, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.compfluid.2013.07.006, 2013
31. Nenad Filipović, Miroslav Živić, Milica Obradović, Tijana Đukić, Zoran Marković, Mirko Rosić, Numerical and experimental LDL transport through arterial wall, Microfluidics and Nanofluids, Vol. 1, No. 15, ISSN 1613-4982, doi:10.1007/s10404-013-1238-1, 2013
32. Sofla Aarash, Cirkovic Bojana, Hsieh Anne, Miklas Jason W, Filipovic Nenad D, Radisic Milica, Enrichment of live unlabelled cardiomyocytes from heterogeneous cell populations using manipulation of cell settling velocity by magnetic field, Biomicrofluidics, Vol.7, No.1, ISSN 1932-1058, doi:10.1063/1.4791649, 2013

M22

1. Rosic, M., Pantovic, S. Rankovic, V. Obradovic, Z. Filipovic, N. Kojic, M., Evaluatiopn of dynamic response and biomechanical properties of isolated blood vessels, Journal of Biochemical and Biophysical Methods, Vol. 70, No. 6, pp. 966-972, ISSN 0165-022X, 2008
2. Filipovic N, Milasinovic D, Zdravkovic N, Böckler D, von Tengg-Kobligk H, Impact of aortic repair based on flow field computer simulation within the thoracic aorta, Computer Methods and Programs in Biomedicine, Vol. 101, No. 3, pp. 243-252, ISSN 0169-2607, 2011

Извештај Комисије о подобности докторске дисертације Игора Савељића, дипл. маш. инж.

3. Filipovic N., D. Milasinovic, N. Jagic, V. Miloradovic H. Hetterich, J.Rieber, Numerical simulation of the flow field and mass transport pattern within the coronary artery, *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, Vol. 14, No. 4, pp. 379-388, ISSN 1025-5842, 2011
4. Markovic Z, Dimitric-Markovic J, Milenkovic D, Filipovic N, Structural and electronic features of baicalein and its radicals, *Monatshefte fur chemie*, Vol. 142, No. 2, pp. 145-152, ISSN 0026-9247, 2011
5. A.Tsuda, F.S.Henry, S.Haber, D.Haberthür, N.Filipovic, D.Milasinovic, J.Schittny, The simultaneous role of an alveolus as flow mixer and flow feeder for the deposition of inhaled submicron particles, doi:10.1115/1.4007949, 2012
6. D. Krsmanovic, I. Koncar, D. Petrovic, D. Milasinovic, L. Davidovic, N. Filipovic, Computer Modeling of Maximal Displacement Forces in Endoluminal Thoracic Aortic Stent-Graft, *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, doi:10.1080/10255842.2012.735661, 2012
7. N. Filipovic, B. Gibney, D. Nikolic, M. Konerding, S. Mentzer, A. Tsuda, Computational analysis of lung deformation after murine pneumectomy, *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, pp. 1-7, doi:10.1080/10255842.2012.719606, 2012
8. Filipovic N, Nikolic D, Saveljic I, Tanaskovic I, Zdravkovic N, Zivanovic A, Arsenijevic P, Jeremic B and Arsenijevic S, Computer simulation of cervix tissue response to a hydraulic dilator device, *Theoretical Biology and Medical Modelling*, Vol. 10, No. 64, doi:10.1186/1742-4682-10-64, 2013
9. N. Filipovic, D. Nikolic, I.Saveljic, T. Djukic, O. Adjic, P.Kovacevic, N. Cemerlic-Adjic, L. Velicki, Computer simulation of thromboexclusion of the complete aorta in the treatment of chronic type B aneurysm, *Computer Aided Surgery*, Vol. 18, No. 1-2, pp. 1-9, ISSN 1092-9088, doi:10.3109/10929088.2012.741145, 2013
10. Filipovic N. and H. Schima, Numerical simulation of the flow field within the aortic arch during cardiac assist, *Artificial Organs*, Vol. 35, No. 4, pp. 73-83, ISSN 0160-564X, 2011

M23

1. D. Milašinović, M. Ivanovic, H. Tengg-Kobligk, D. Böckler, N. Filipović, Software Tools for Generating CFD Simulation Models of Blood Flow from CT Images, and for Postprocessing, *Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics*, Vol. 2, No. 2, pp. 51-58, ISSN 1820-6530, 2008
2. Rosic, M., Pantovic, S. Rankovic, V. Obradovic, Z. Filipovic, N. Kojic, M., Evaluation of dynamic response and biomechanical properties of isolated blood vessels, *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, Vol. 70, No. 6, pp. 966-972, ISSN 0165-022, 2008
3. Filipovic, N., Vulovic, R., Peulic, A., Radakovic, R., Kosanic, Dj. and Ristic., B., Noninvasive determination of knee cartilage deformation during jumping, *Journal of Sports Science and Medicine*, Vol. 8, No. 1, pp. 584-590, ISSN 1303-2968, 2009
4. Filipovic N, Peulic A, Zdrakovic N, Grbovic-Markovic V and Jurisic-Skevin A, Transient Finite Element Modeling of Functional Electrical Stimulation, *General Physiology and Biophysics*, Vol. 30, No. 1, pp. 59-65, ISSN 0231-5882, 2011

Извештај Комисије о подобности докторске дисертације Игора Савељића, дипл. маш. инж.

5. D. Veljkovic, N. Filipovic, M. Kojic, The effect of asymmetry and axial prestraining on the amplitude of mechanical stresses in abdominal aortic aneurism, *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, Vol. 12, No. 5, doi:10.1142/S0219519412500893, 2012
6. N. Filipovic, A. Jovanovic, D. Petrovic, M. Obradovic, S. Jovanovic, D. Balos, M. Kojic, Modelling of self-healing materials using discrete and continuum methods, *Surface Coatings International*, Vol. 95, No. 2, pp. 74-79, 2012
7. Peulic Aleksandar S, Milojevic Natasa, Jovanov Emil S, Radovic Milos D, Saveljic Igor, Zdravkovic Nebojsa D, Filipovic Nenad D, Modeling of Arterial Stiffness using Variations of Pulse Transit Time, *Computer Science and Information Systems*, Vol. 10, No. 1, pp. 547-565, ISSN 1820-0214, doi:10.2298/CSIS120531015P, 2013

1.11 Научна област докторске дисертације

Докторска дисертација се налази у области примењене механике.

1.12 Научна област чланова комисије

1. Др Ненад Филиповић, ред. проф., Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, Научне области: Примењена механика, Примењена информатика и рачунарско инжењерство,
2. Др Лазар Велички, доцент, Медицински факултет у Новом Саду, Научна област: Хирургија – кардиохирургија,
3. Др Никола Јагић, ванр. проф., Факултет медицинских наука у Крагујевцу, Научне области: Радиологија, Интервентна кардиоваскуларна медицина,
4. Др Мирослав Живковић, ред. проф., Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, Научне области: Примењена механика, Примењена информатика и рачунарско инжењерство,
5. Др Радован Славковић, ред. проф., Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, Научне области: Примењена механика, Примењена информатика и рачунарско инжењерство.

Извештај Комисије о подобности докторске дисертације Игора Савелића, дипл. маш. инж.

Закључак и предлог комисије

На основу свега наведеног у овом Извештају, Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК

Игор Савелић, дипл. маш. инж., испунио је све, Законом о Универзитету и Статутом Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, предвиђене услове за одобрење израде докторске тезе.

На основу предложених полазних хипотеза, предмета и научних циљева тезе, метода истраживања и очекиваним теоријским и применљивим резултатима истраживања комисија сматра да је тема под насловом:

„Нумеричко решавање односа правог и лажног лумена акутне аортне дисекције“

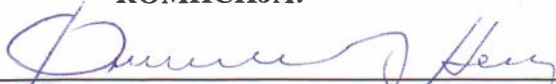
веома актуелна и садржајно квалитетна и да може дати конкретне научне резултате.

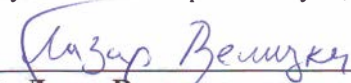
ПРЕДЛОГ МЕНТОРА


Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Ненад Филиповић, редовни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.


У Крагујевцу,
05.03.2014.године.

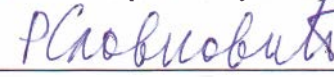
КОМИСИЈА:


Др **Ненад Филиповић**, редовни професор,
Факултет инжењерских наука, Крагујевац,


Др **Лазар Велички**, доцент,
Медицински факултет, Нови Сад,


Др **Никола Јагић**, ванредни професор,
Факултет медицинских наука, Крагујевац,


Др **Мирослав Живковић**, редовни професор,
Факултет инжењерских наука, Крагујевац,


Др **Радован Славковић**, редовни професор,
Факултет инжењерских наука, Крагујевац.