

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ
НАУКА
ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА
У КРАГУЈЕВЦУ

На седници Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу одржаној 24.03.2022. год. (број одлуке: 01-1/898-10) и на седници Већа за техничко-технолошке науке одржаној 13.04.2022. год. (број одлуке: IV-04-275/13), којом смо одређени као чланови Комисије за подношење извештаја, за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације: „**Нумеричка и експериментална анализа кардиомиопатије**“ у научној области **Машинско инжењерство**, кандидата **Смиљане Томашевић, маг. инж. маш.** На основу података, којима располажемо, достављамо следећи

ИЗВЕШТАЈ

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

Бр. 01-1/1533

12.05.2022 год.
КРАГУЈЕВАЦ

1. Научни приступ проблему предложеног нацрта докторске дисертације и процена научног доприноса крајњег исхода рада

У предложеном нацрту докторске дисертације, кандидат је образложио предмет истраживања, наводећи актуелност и значај истраживања у области кардиомиопатије и придружених болести.

Разумевање сложених механизма који карактеришу различите типове кардиомиопатија и њихово деловање на биомеханику срца захтева мултидисциплинарност која се огледа у познавању срчане анатомије и електрофизиологије, механике флуида и солида и интеракције флуид-солид. Услед специфичности кардиомиопатије и придружених болести, као и ограничених могућности за *in vivo* испитивања, нумеричке (лат. *in silico*) методе налазе велику примену као подршка клиничким и експерименталним истраживањима. Праћење болести, планирање иновативних, мање инвазивних хируршких захвата, као и оцењивање њихове успешности, наглашава потребу за развојем ефикасних метода за боље разумевање кардиомиопатије. Имајући у виду мали број студија базираних на нумеричким методама које обухватају различите типове кардиомиопатије и последичне дисфункције, и уједно имплементирају експериментална израживања за развој и валидацију модела, предложена докторска дисертација пружиће допринос овој врсти студија. Напредак у разумевању механизма кардиомиопатије имаће значајан утицај на клиничка истраживања.

Кандидат је предложио програм истраживања у наведеној области, који је у складу са савременим научним методама истраживања. Истраживање се заснива на нумеричким и експерименталним методама.

Имајући у виду приказ проблема истраживања, полазне хипотезе и предложене научне методе истраживања, приказани нацрт докторске дисертације садржи све елементе који су потребни, да би се у изради докторске дисертације дао научни допринос, значајан за даљи развој научних истраживања у области експерименталног и нумеричког изучавања кардиомиопатије.

Веза са досадашњим истраживањима

Увидом у објављене радове, у научним и стручним часописима, као и радове објављене на међународним конференцијама, може се закључити да се кандидат Смиљана Томашевић бавила применом нумеричких метода у области биомедицинског инжењеринга, примарно код проблема који се односе на анализу кардиоваскуларног система. Стручни боравци и усавршавање у иностранству, као и учешће на међународним и националним пројектима представљају добру основу за реализацију ове дисертације.

Рад у оквиру ове дисертације омогућава кандидату да оствари континуитет у свом истраживачком раду, што поред стручног усавршавања кандидата има за циљ и могућност примене решења у клиничкој пракси. Предстојећа истраживања кандидата ослањала би се на публиковане радове следећих аутора:

(O'Hara, T., Virág, L., Varró, A., Rudy, Y., 2011)¹ дали су предлог модела за акциони потенцијал срчаног мишића човека, при чему је математички детаљно описан транспорт молекула кроз мембрану, као и различите концентрације молекула. Математички модел у раду потврђен је електрофизиолошким експериментом. Приликом одређивања активног напона у моделу срчаног мишића, један од главних параметара је концентрација калцијума. Стога је познавање концентрације калцијума у мишићу неопходано за одређивање активног напона.

(Mijailovich, S.M., Fredberg, J.J., Butler, J.P., 1996)² су се у свом раду бавили реформулацијом Хакслијеве теорије клизећих филамената. Увели су у разматрање растегљивост актинских и миозинских филамената од којих се састоје мишићна влакна. У току развијања изометријске силе актински и миозински филаменти се растежу и клизе релативно један у односу на други. Растегљивост филамената указује на то да је релативно

¹ O'Hara, T., Virág, L., Varró, A., & Rudy, Y. Simulation of the undiseased human cardiac ventricular action potential: model formulation and experimental validation. *PLoS Comput Biol*, Vol. 7, No. 5, e1002061, ISSN 1553-7358, Doi 10.1371/journal.pcbi.1002061, 2011

² Mijailovich, S. M., Fredberg, J. J., & Butler, J. P. (1996). On the theory of muscle contraction: filament extensibility and the development of isometric force and stiffness. *Biophysical journal*, Vol. 71, No. 3, pp. 1475-1484, ISSN 1542-0086, Doi 10.1016/S0006-3495(96)79348-7, 1996

померање филамената неуниформно у пределу преклапања филамената и да је напрезање попречних мостова варијабилно дуж преклапајућег региона.

(Hunter, P. J., McCulloch, A. D., & Ter Keurs, H. E. D. J., 1998)³ су се у свом раду бавили механичким моделима срчаног мишића, погодним за моделирање целог срца. Модели су засновани на експерименталним подацима који су добијени испитивањем узорака узетих од различитих животињских врста, под различитим температурама. У раду је приказан значај концентрације калцијума за активни напон, а релација која се користи за активни напон је широко прихваћена.

(Deng, L., Huang, X., Yang, C., Song, Y., Tang, D., 2018)⁴ су предложили приступ интеракције флуид-солид за 3Д модел леве срчане коморе, како би се боље разумело кретање митралне валвуле код пацијента са хипертрофичном опструктивном кардиомиопатијом. Модел реалне анатомске геометрије срца креиран је на основу слика компјутеризоване томографије. Померање, напон, притисак, брзина протока и напон смицања унутар леве срчане коморе и митралне валвуле приказани су како би се окарактерисало њихово понашање.

Поред наведених радова, истраживања у оквиру теме докторске дисертације ослањаће се такође на истраживања представљена у следећој полазној литератури:

1. Kojic, M., Milosevic, M., Simic, V., Milicevic, B., Geroski, V., Sara, Nizzero, Ziemys, A., Filipovic, N., & Ferrari, M., Smearred Multiscale Finite Element Models for Mass Transport and Electrophysiology Coupled to Muscle Mechanics, *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, ISSN 2296-4185, Vol. 7, No. 381, pp.1-16, Doi 10.3389/fbioe.2019.00381, 2019
2. Wisneski A. D., Wang Y., Deuse T., Hill A. C., Pasta S., Sack K. L., Yao J., Guccione J. M. Impact of Aortic Stenosis on Myofiber Stress: Translational Application of Left Ventricle-Aortic Coupling Simulation, *Frontiers in Physiology*, Vol. 11, No /, pp /, ISSN 664-042X, Doi doi.org/10.3389/fphys.2020.574211, 2020
3. Robnik-Šikonja, M., Radović, M., Đorović, S., Anđelković-Ćirković, B., & Filipović, N. Modeling ischemia with finite elements and automated machine learning, *Journal of Computational Science*, Vol. 29, No.-, pp. 99-106, ISSN 1877-7503, Doi 10.1016/j.jocs.2018.09.017, 2018
4. Lee, K. E., Kim, K. T., Lee, J. H., Jung, S., Kim, J. H., & Shim, E. B. Computational analysis of the electromechanical performance of mitral valve cerclage annuloplasty using a patient-specific ventricular model. *The Korean Journal of Physiology &*

³ Hunter, P. J., McCulloch, A. D., & Ter Keurs, H. E. D. J. Modelling the mechanical properties of cardiac muscle. *Progress in biophysics and molecular biology*, Vol. 69, No. (2-3), pp. 289-331, ISSN 0079-6107, Doi 10.1016/S0079-6107(98)00013-3, 1998

⁴ Deng, L., Huang, X., Yang, C., Song, Y., & Tang, D. Patient-specific CT-based 3D passive FSI model for left ventricle in hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, Vol, 21, No. 3, pp. 255-263, ISSN 1025-5842, Doi 10.1080/10255842.2018.1443215, 2018

- Pharmacology, Vol. 23, No.1, pp. 63-70, ISSN 1226-4512, Doi 10.4196/kjpp.2019.23.1.63, 2019
5. Lim, K. M., Hong, S. B., Lee, B. K., Shim, E. B., & Trayanova, N. Computational analysis of the effect of valvular regurgitation on ventricular mechanics using a 3D electromechanics model. *Journal of Physiological Sciences*, Vol. 65, No. 2, pp. 159-164, ISSN 1880-6546, Doi 10.1007/s12576-014-0353-4, 2015
 6. Jeong, D. U., & Lim, K. M. The effect of myocardial action potential duration on cardiac pumping efficacy: a computational study. *Biomedical engineering online*, Vol. 17, No 1, pp. 1-16, ISSN 1475-925x, Doi 10.1186/s12938-018-0508-2, 2018
 7. Rausch, M. K., Dam, A., Göktepe, Abilez, O. J., & Kuhl, E. Computational modeling of growth: systemic and pulmonary hypertension in the heart. *Biomechanics and modeling in mechanobiology*, Vol. 10 No. 6, pp. 799-811, ISSN 1617-7959, Doi 10.1007/s10237-010-0275-x, 2011
 8. Filipovic, N., & Schima, H. 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, Online - full text edition; ISSN 1525-1594, Doi 10.1111/j.1525-1594.2010.01194.x, 2011
 9. Zhang, Y., Wang, V. Y., Morgan, A. E., Kim, J., Ge, L., Guccione, J. M., et al. A novel MRI-based finite element modeling method for calculation of myocardial ischemia effect in patients with functional mitral regurgitation. *Frontiers in Physiology*, Vol. 11, ISSN 1664-042X, Doi 10.3389/fphys.2020.00158, 2020
 10. Tang, D., Yang, C., Geva, T., & Pedro, J. Image-based patient-specific ventricle models with fluid-structure interaction for cardiac function assessment and surgical design optimization. *Progress in Pediatric Cardiology*, Vol. 30, No. (1-2), pp. 51-62, ISSN 1058-9813, Doi 10.1016/j.ppedcard.2010.09.007, 2010
 11. Riehle, C., & Bauersachs J. Small animal models of heart failure, *Cardiovascular Research*, Vol. 115, No. 13, pp.1838-1849, ISSN 0008-6363, Doi 10.1093/cvr/cvz161, 2019
 12. Charron, P., Elliott, P. M., Gimeno, J. R., Caforio, A. L., Kaski, J. P., Tavazzi, L., et al. The Cardiomyopathy Registry of the EURObservational Research Programme of the European Society of Cardiology: baseline data and contemporary management of adult patients with cardiomyopathies. *European heart journal*, Vol. 39, No. 20, pp. 1784-1793, ISSN 0195-668X, Doi 10.1093/eurheartj/ehx819, 2018
 13. Lyon, A., Bueno-Orovio, A., Zacur, E., Ariga, R., Grau, V., Neubauer, S., et al. Electrocardiogram phenotypes in hypertrophic cardiomyopathy caused by distinct mechanisms: apico-basal repolarization gradients vs. Purkinje-myocardial coupling abnormalities. *EP Europace*, Vol. 20, Suppl. 3, iii102 - iii112, ISSN 1099-5129, Doi 0.1093/europace/euy226, 2018
 14. Kojic, M., Filipovic, N., Stojanovic, B., Kojic, N.: *Computer Modeling in Bioengineering - Theoretical Background, Examples and Software*. Wiley, Chichester, ISBN 978-0-470-06035-3, 2008

15. Zhao, X., Tan, R. S., Tang, H. C., Teo, S. K., Su, Y., Wan, M. et al. Left ventricular wall stress is sensitive marker of hypertrophic cardiomyopathy with preserved ejection fraction. *Frontiers in physiology*, 9:250, ISSN 1664-042X, Doi 10.3389/fphys.2018.00250, 2018
16. Sommer, G., Schriefl, A. J., Andrä, M., Sacherer, M., Viertler, C., Wolinski, H., & Holzapfel, G. ABiomechanical properties and microstructure of human ventricular myocardium. *Acta biomaterialia*, Vol. 24, pp. 172-192, ISSN 1742-7061, Doi 10.1016/j.actbio.2015.06.031, 2015
17. Scardulla, F., Rinaudo, A., Pasta, S., & Scardulla, C. Evaluation of ventricular wall stress and cardiac function in patients with dilated cardiomyopathy. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, Vol. 230, No 1, pp. 71-74, ISSN 0954-4119, Doi 10.1177/0954411915617984, 2016
18. Kong, F., Pham, T., Martin, C., Elefteriades, J., McKay, R., Primiano, C., & Sun, W. Finite element analysis of annuloplasty and papillary muscle relocation on a patient-specific mitral regurgitation model. *PloS one*, Vol. 13, No. 6, e0198331, ISSN 1932-6203, Doi 10.1371/journal.pone.0198331, 2018
19. Mosqueira, D., Smith, J. G., Bhagwan, J. R., & Denning, C. Modeling hypertrophic cardiomyopathy: mechanistic insights and pharmacological intervention. *Trends in molecular medicine*, Vol. 25, No. 9, pp. 775-790, ISSN 1471-4914, Doi 10.1016/j.molmed.2019.06.005, 2019
20. Palit, A., Bhudia, S. K., Arvanitis, T. N., Turley, G. A., & Williams, M. A. In vivo estimation of passive biomechanical properties of human myocardium. *Medical & biological engineering & computing*, Vol. 56, No. 9, pp.1615-1631, ISSN 0140-0118, Doi 10.1007/s11517-017-1768-x, 2018
21. Chien, A., Shoucri, R. M., Mal, A., & Montemagno, C. D. Human cardiac wall stress analysis with patient-specific myocardial material properties. *Model Med Biol* Vol. 7, No 12, pp. 33-42, ISSN 1742-4682, Doi 10.2495/BIO070041, 2007
22. de Vecchi, A., Nordsletten, D. A., Razavi, R., Greil, G., & Smith, N. P. Patient specific fluid–structure ventricular modelling for integrated cardiac care. *Medical & biological engineering & computing*, Vol. 51, No. 11, pp. 1261-1270, ISSN 0140-0118, Doi 10.1007/s11517-012-1030-5, 2013

2. Образложење предмета, metoda и циља, који уверљиво упућују да је предложена тема од значаја за развој науке

Предмет, циљеви и хипотезе ове дисертације обухватају следеће

Срце је снажна биолошка пумпа која се састоји из два синхронизована система, десног срца које прима дезоксигенисану крв из великих вена и доставља је у плућа, и левог срца које сакупља оксигенисану крв из плућа и пумпа је у системску циркулацију. Са анатомског становишта срце има веома сложену грађу, чија се структура може

представити и анализирати на више димензионих скала. На макроскопском нивоу, срце се састоји из две преткоморе и две коморе, између којих се налазе срчани записци обезбеђујући једносмеран проток крви од преткоморе ка комори. Између десне преткоморе и коморе налази се трикуспидна валвула, док се у залиску леве коморе налази бикуспидна (митрална) валвула. На излазу из десне срчане коморе ка пулмонарној (плућној) артерији налази се пулмонарна валвула, док се на излазу из леве коморе ка аорти налази аортна валвула. Вишеслојна, анизотропна и хеликоидна архитектура мишићног ткива срца (миокарда) утиче на његово сложено биомеханичко понашање. Срчани циклус са фазама систоле и дијастоле карактерише наизменично отварање и затварање срчаних валвула, једносмеран проток крви, синхронизоване контракције срчаних преткомора и комора побуђене електро-механичким импулсима. На овај начин се обезбеђује нормалан и неометан физиолошки рад срца.

Насупрот анатомски и физиолошки нормалној срчаној функцији, постоје различита наследна и стечена обољења срца која доводе до озбиљних кардиоваскуларних компликација и срчане инсуфицијенције (слабости). Један од најчешћих узрочника срчане инсуфицијенције јесте кардиомиопатија, обољење миокарда повезано са вентрикуларном дисфункцијом (поремећајем рада срчаних комора) и снижењем ејекционе фракције срца (количином крви која се испумпа из срчане коморе приликом једне контракције). Кардиомиопатија изазива промену електро-механичких карактеристика миокарда, утичући на дебљину и ригидност мишићног ткива, хипертрофију, вентрикуларну дилатацију и аритмију, а затим и на дисфункцију срчаних валвула, као и венских и артеријских структура.

Специфичност кардиомиопатије и придружених болести захтева примену иновативних нумеричких метода, при чему се приказом и анализом различитих биомеханичких параметара може допринети клиничким и експерименталним истраживањима. Такође, развојем ефикасних метода за боље разумевање кардиомиопатије допринело би се праћењу болести и медицинском третману пацијената. Имајући у виду мали број студија базираних на нумеричким методама које обухватају различите типове кардиомиопатије и последичне дисфункције, и уједно имплементирају експериментална израживања за развој и валидацију модела, предложена докторска дисертација пружиће допринос овој врсти студија. Напредак у разумевању механизма кардиомиопатије имаће значајан утицај на клиничка истраживања.

Предмет рада предложене докторске дисертације односи се на анализу кардиомиопатије применом методе коначних елемената, интегришући клиничке и експерименталне податке са нумеричким моделима. Модели срца као и нумеричка анализа обухватиће тродимензионалне (3Д) моделе и то:

- поједностављени параметарски модел и
- модел реалне анатомске геометрије.

Узимајући у обзир да је једна од главних метода дијагностиковања кардиомиопатије у клиничкој пракси снимање пацијента применом магнетне резонанце, ултразвука или

компјутеризоване томографије, подаци у облику медицинских слика су полазиште за креирање компјутерских модела. У предложеној докторској дисертацији, креирање параметарског модела срца и модела реалне анатомске геометрије, а затим и валидација нумеричких прорачуна, биће извршена на основу поменутих клиничких података који су доступни кандидату учешћем на међународном истраживачко-развојном пројекту *SILICOFCM*⁵, у оквиру програма Европске Уније „Хоризонт 2020“.

У нумеричким прорачунима пасивни и активни модели срца биће имплементирани, узимајући у обзир електро-механичко понашање, механику флуида и солида. На тај начин биће могуће одредити карактеристике протока крви, односно ејекциону фракцију срца, као и вентрикуларну дисфункцију (хипертрофију и дилатацију миокарда, ригидност миокарда) за различите типове кардиомиопатије. Део рада биће посвећен експерименталном (*in vivo*, *in vitro* и *ex vivo*) испитивању кардиомиопатије на доступним анималним и хуманим узорцима, у сарадњи са клиничким и истраживачким центрима *SILICOFCM* пројекта, при чему ће се резултати функционалних и морфолошких карактеристика срца имплементирати у нумеричке моделе и користити за њихову валидацију.

Резултати нумеричких симулација, приказ и поређење различитих физичких величина (брзина струјања крви, потенцијали, напони и деформације миокарда, итд.) одредиће утицај геометрије, материјалних карактеристика и граничних услова на биомеханички одзив модела срца. Комплексна геометрија и материјални модели, као и сложеност нумеричких симулација утицаће на развој нових методологија и виртуелног срца. Циљ предложене докторске дисертације огледа се у бољем разумевању биомеханичких процеса кардиомиопатије и придружених болести, затим у доприносу праћења кардиомиопатије и планирању лечења, при чему ће бити омогућен искорак ка развоју персонализованих компјутерских алата.

У циљу развоја методологије за нумеричку и експерименталну анализу кардиомиопатије уведене су следеће хипотезе:

1. Развој нумеричких модела базираних на методи коначних елемената утиче на боље разумевање механичких и физиолошких процеса у различитим доменама кардиоваскуларног система.
2. Применом методе коначних елемената могу се довољно тачно анализирати механизми кардиомиопатије и одредити промене физичких величина које указују на срчану слабост.
3. Биомеханички и електрофизиолошки одзив модела срца зависи од геометријских и материјалних карактеристика.

⁵ <https://silicofcm.eu/>

4. Интеграција клиничких и експерименталних података са нумеричким моделима кардиомиопатије омогућује ефикасан развој и валидацију модела.
5. Тачни и временски ефикасни нумерички модели могу допринети праћењу кардиомиопатије, оптимизацији планирања оперативних захвата и исходима лечења.

Методe истраживања

За реализацију докторске дисертације кандидат ће користити савремене научно-истраживачке методе. Коришћене методе се могу поделити у две групе: нумеричке и експерименталне.

Нумеричка метода која ће се користити је метода коначних елемената (МКЕ). Ова метода је нашла велику примену у инжењерству, посебно у области биоинжењеринга. Разлог велике примене МКЕ у овој области је могућност решавања сложених, геометријски и материјално нелинеарних проблема. Резултати нумеричких прорачуна, добијених применом МКЕ, омогућују анализу и тумачење различитих механичких карактеристика које пружају значајне информације научницима и лекарима, у исто време смањујући потребу за инвазивним методама које се и даље користе у истраживањима. Предност МКЕ је могућност креирања великог броја геометријских модела, имплементација различитих материјалних карактеристика и граничних услова, како би се симулирали и испитали различити биомеханички одзиви анализираних модела.

За потребе нумеричких прорачуна који ће бити обухваћени приликом израде предложене докторске дисертације користиће се програмски пакет ПАК, који се развија на Факултету инжењеских наука, у Центру за биоинжењеринг Факултета инжењеских наука, као и у Истраживачко развојном центру за биоинжењеринг (БиоИРЦ) у Крагујевцу. ПАК пружа могућност решавања различитих проблема као што је механика нестишљивог флуида са преносом топлоте/масае, линеарне и геометријски и материјално нелинеарне структуре, интеракција флуид-солид, линеарни и нелинеарни транспорт честица/молекула, дифузни и конвективни транспорт, јонски и електрични транспорт, решавање електричних поља, итд.

3Д модели обухватиће поједностављене параметарске моделе и моделе реалне анатомске геометрије, док ће нумеричке симулације обухватити пасивне и активне моделе срца, узимајући у обзир електро-механичко понашање срца, механику флуида и солида. Експериментално испитивање кардиомиопатије односиће се на *in vivo*, *in vitro* и *ex vivo* експерименте на доступним анималним и хуманим узорцима. Резултати функционалних и морфолошких карактеристика биће искоришћени за развој и валидацију нумеричких модела кардиомиопатије. Сви клинички и експериментални подаци који ће бити коришћени у предложеној методологији са циљем нумеричке анализе кардиомиопатије, доступни су у оквиру поменутог *SILICOFCM* пројекта.

Поред наведених података, користиће се различити софтверски алати за потребе креирања модела срца и визуелизацију резултата.

Оквирни садржај докторске дисертације

Планирано је да докторска дисертација буде реализована кроз десет поглавља:

1. Увод
2. Анатомија, физиологија и функција срца
3. Кардиомиопатија, дијагностика и лечење
4. Нумеричко решавање флуид-солид модела и електрофизиологије срца
5. Моделирање и нумеричка анализа параметарског модела срца
6. Моделирање и нумеричка анализа модела срца реалне анатомске геометрије
7. Експериментална истраживања
8. Валидација нумеричких модела
9. Закључна разматрања
10. Литература

У поглављу 1 биће дефинисан предмет и циљ дисертације, као и полазне хипотезе. Затим ће се приказати преглед литературе са информацијама о нумеричким анализама различитих типова кардиомиопатије.

У поглављу 2 биће објашњена анатомија, физиологија и функција срца чије је разумевање потребно приликом моделирања и нумеричких симулација физиолошких функција.

У поглављу 3 биће описан појам и типови кардиомиопатије, методе дијагностиковања и методе лечења. Посебна пажња биће посвећена механичким карактеристикама различитих типова кардиомиопатије, њихов процес настајања, праћења и лечења. Такође, биће обухваћене најчесталије хируршке и фармаколошке методе лечења, како би се разумело у којим аспектима лечења компјутерске методе могу дати највећи допринос.

У поглављу 4 биће описано решавање једначина за механику флуида, механику солида, као и спрегнутих флуид-солид модела, применом МКЕ. Такође, биће описани активни и пасивни модели срца и решавање електро-механичког поља.

У поглављу 5 биће описано моделирање и нумеричка анализа параметарског модела срца, заједно са представљањем и анализом резултата за симулирану кардиомиопатију.

У поглављу 6 биће приказано моделирање и нумеричка анализа модела реалне анатомске геометрије срца. Такође, биће дати резултати нумеричких прорачуна за симулирану кардиомиопатију.

У поглављу 7 биће дат преглед досадашњих експерименталних истраживања кардиомиопатије. Такође, биће дат опис изведених експеримената на доступним узорцима као и резултати њихове имплементације у поједине нумеричке моделе.

У поглављу 8 биће представљена валидација нумеричких модела кардиомиопатије, при чему ће се у процесу валидације користити део доступних клиничких и експерименталних података.

У поглављу 9 биће дата закључна разматрања предложене теме докторске дисертације, допринос науци и друштву, иновације, као и правци будућих истраживања.

У поглављу 10 биће приказана цитирана литература.

3. Образложење теме за израду докторске дисертације које омогућава закључак да је у питању оригинална идеја или оригиналан начин анализирања проблема

На основу представљеног концепта, може се закључити да праћење тока болести, планирање иновативних, мање инвазивних хируршких захвата, као и оцењивање њихове успешности, наглашава потребу за развојем ефикасних метода за боље разумевање кардиомиопатије. Имајући у виду мали број студија базираних на нумеричким методама које обухватају различите типове кардиомиопатије и последичне дисфункције, и уједно имплементирају експериментална израживања за развој и валидацију модела, предложена докторска дисертација пружиће допринос овој врсти студија. Напредак у разумевању механизма кардиомиопатије имаће значајан утицај на клиничка истраживања.

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације, са образложеним предметом и циљевима рада, научним доприносима и очекиваним резултатима, насталим детаљном анализом доступних научних радова у научном и стручном смислу, оригинална идеја.

4. Усклађеност дефиниције предмета истраживања, основних појмова, предложене хипотезе, извора података, метода анализе са критеријумима науке уз поштовање научних принципа у изради коначне верзије докторске дисертације

Кандидат Смиљана Томашевић ће у својој докторској дисертацији обухватити све елементе савременог научно-истраживачког рада, поштујући основне критеријуме науке, научних циљева и метода анализе, имплементацијом постојећих и развијањем оригиналних идеја научног истраживања.

Кандидат ће детаљно проверавати полазне хипотезе, теоријски - анализом обимне литературе и извора, у већини случајева новијег датума и експериментално – анализом доступних (*in vivo*, *in vitro*, *ex vivo*) експеримената.

У достављеној пријави теме, кандидат се служио одговарајућом терминологијом из области, која је предмет рада. Дефиниција предмета истраживања је усклађена са

основним појмовима, предложеним хипотезама и методама истраживања. Кандидат је показао изразиту способност за селекцију и анализу литературних извора.

С обзиром на то да су циљеви истраживања проистекли из запажених недостатака и недовољне изражености проблема, креирани нови модели срца (повезани са кардиomiопатијом и придруженим болестима) и добијени резултати представљали би оригиналан допринос истраживачкој области.

5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата

а. Лични подаци

Смиљана Томашевић, од оца Милована и мајке Зорице Ђоровић, рођена је 27.05.1992. године у Крагујевцу. Одрасла је у Гружи (општина Кнић) где је завршила Основну школу „Рада Шубакић“ као носилац дипломе „Вук Караџић“. Након завршетка основне школе, 2007. године уписује Прву крагујевачку гимназију, природно-математички смер. Током све четири године имала је одличан успех.

Након гимназије, 2011. године уписује основне академске студије, машинско инжењерство, на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Основне академске студије завршила је 2014. године на смеру за Примењену механику и аутоматско управљање са просечном оценом 9,97 (девет и 97/100) и стекла звање *Инжењер машинства*. Завршни рад под називом „*Механика прелома и зарастања кости*“, у оквиру испита Коначни елементи 1 и под менторством проф. др Мирослава Живковића, одбранила је са највишом оценом. Током друге године основних академских студија била је стипендиста општине Кнић и Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Током треће, завршне године основних академских студија била је стипендиста Министарства омладине и спорта Републике Србије, односно добитних стипендије „*Доситеја*“ Фонда за младе таленте. Такође, исте године добија награду Центра за развој каријере Универзитета у Крагујевцу за постигнут успех на студијама.

Након завршетка основних академских студија, 2014. године уписује мастер академске студије, такође на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, машинско инжењерство, смер - Примењена механика и аутоматско управљање. Исте године добија награду и признање општине Кнић за постигнут успех у току студија. Током друге, завршне године мастер академских студија била је стипендиста Министарства омладине и спорта Републике Србије, односно добитник стипендије „*Доситеја*“ Фонда за младе таленте. Више пута у току студија била је добитник признања Факултета инжењерских наука за постигнут успех на студијама.

У току мастер академских студија усмерава интересовање и научно-истраживачки рад ка примењеној механици и биоинжењерингу и прикључује се Центру за биоинжењеринг на матичном факултету, као и Истраживачко развојном центру за биоинжењеринг (*БиоИРЦ*) у Крагујевцу. Од 2015. године до 2017. године била је стипендиста *БиоИРЦ*-а, са којим и

даље активно сарађује. Мастер академске студије завршила је 2016. године са просечном оценом 9,60 (девет и 60/100) и стекла звање *Мастер инжењер машинства*. Мастер рад под називом „*Нумеричка анализа протока крви и механичких карактеристика анеуризме абдоминалне аорте при ендоваскуларном третману*“, у оквиру испита Рачунска динамика флуида и под менторством проф. др Ненада Филиповића, одбранила је са највишом оценом.

Након завршетка мастер академских студија, школске 2016/2017 године уписује докторске академске студије на Факултету инжењерских наука, под менторством проф. др Ненада Филиповића. Положила је све предмете предвиђене планом и програмом, са просечном оценом 10.

Такође, школске 2018/2019 године уписује мастер академске студије *Биоинжењеринг* на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Мастер академске студије завршила је 2021. године са просечном оценом 10,00 (десет и 00/100) и стекла звање *Мастер инжењер биоинжењеринга*. Мастер рад под називом „*Компјутерска анализа аортног корена реалне анатомске геометрије*“, у оквиру испита Биоинжењеринг и биоинформатика и под менторством проф. др Ненада Филиповића, одбранила је са највишом оценом.

Запослена је на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу као истраживач приправник од 2017. године, а затим као истраживач сарадник од 2020. године. Током докторских студија учествовала је у једном националном и више међународних пројеката. Учествоје у реализацији наставе на матичном факултету, на предметима: Основи биоинжењеринга, Биоинжењеринг и биоинформатика, Компјутерски подржано инжењерство, Инжењерски алати, Инжењерски алати 2.

б. Научно-истраживачки рад

Као аутор или коаутор до сада је објавила укупно **40** радова у научно-стручним часописима као и на међународним научно-стручним скуповима.

Списак резултата М13

Монографска студија/поглавље у књизи М11 или рад у тематском зборнику водећег међународног значаја

1. **Smiljana Djorovic**, Nenad Filipovic, Computational analysis of abdominal aortic aneurysm before and after endovascular aneurysm repair. In: Computational Modeling in Bioengineering and Bioinformatics, Academic Press, pp. 353-386, ISBN 978-0-128-19583-3, Doi 10.1016/B978-0-12-819583-3.00011-4, 2020

Списак резултата М21

Рад у врхунском међународном часопису

1. Marko Robnik-Šikonja, Miloš Radović, **Smiljana Đorović**, Bojana Anđelković-Ćirković, Nenad Filipović, Modeling ischemia with finite elements and automated machine learning, Journal of Computational Science, Vol. 29, No.-, pp. 99-106, ISSN 1877-7503, Doi

Списак резултата M24

Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком

1. **Smiljana Djorovic**, Igor Saveljic, Nenad Filipovic. Computational Simulation of Carotid Artery, From Patient-Specific Images to Finite Element Analysis, Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics, Vol. 13, No. 1, pp. 120-129, ISSN 1820-6530, Doi 10.24874/jsscm.2019.13.01.08, 2019

Списак резултата M33

Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. **Smiljana Djorovic**, Nenad Filipovic, Vladislava Stojic and Lazar Velicki: Computational Simulation of Blood Flow in a DeBakey Type I Aortic Dissection, 15-th International Conference on BioInformatics and BioEngineering (BIBE), Belgrade, Serbia, 2-4 November 2015, pp. 161-165, ISBN 978-1-4673-7982-3, Doi 10.1109/BIBE.2015.7367656, 2015
2. **Smiljana Djorovic**, Aleksandar Milosavljevic, Lazar Velicki, Nenad Filipovic: Comparative finite element analysis of patient-specific tricuspid and bicuspid aortic valve, 17th International Conference on BioInformatics and BioEngineering (BIBE), Washington DC, Virginia, 23-25 October, 2017, pp. 563-567, ISBN 978-1-5386-1324-5, Doi 10.1109/BIBE.2017.00013, 2018
3. **Smiljana Djorovic**, Aleksandar Milosavljevic, Lazar Velicki, Nenad Filipovic, Finite Element Analysis of Patient-specific Bicuspid Aortic Valve, 4th South-East European Conference on Computational Mechanics - SEECCM 2017, Kragujevac, Serbia, 3-5 July 2017, Book of Proceedings, pp. 67-72, ISBN 978-86-921243-0-3, 2017
4. **Smiljana Đorović**, Marko Robnik-Šikonja, Miloš Radović, Bojana Anđelković Ćirković, Nenad Filipović, Finite Element Modelling of Cardiac Ischemia and Data Mining Application for Ischemic Detection and Localization, Proceedings of the 18th International Conference on Experimental Mechanics (ICEM 2018), Vol. 2, No. 8; 410. ISSN 2504-3900, Doi 10.3390/ICEM18-05269, 2018.
5. **Djorovic, S.**, Končar, I., Davidović, L., Filipović, N., Aortoiliac Aneurysm, Examination of Biomechanical Characteristics for an Individual Patient. In: Konjović, Z., Zdravković, M., Trajanović, M. (Eds.) ICIST 2018 Proceedings Vol. 1, pp. 212-215, ISBN 978-86-85525-22-3, 2018; www.eventiotic.com/eventiotic/library/paper/401
6. **Smiljana Djorovic**, Igor Saveljic, Nenad Filipovic, Numerical Analysis of Plaque Progression in 3D Patient Specific Model of Carotid Artery. In: Badnjevic A., Škrbić R., Gurbeta Pokvić L. (eds) CMBEBIH 2019. CMBEBIH 2019. IFMBE Proceedings, Vol, 73, pp. 337-340, ISBN 978-3030179700, Springer, Cham, Doi 10.1007/978-3-030-17971-7_52, 2019
7. **Smiljana Djorovic**, Igor Saveljic, Nenad Filipovic, Advanced modelling approach of carotid artery atherosclerosis, 8th International Conference on Computational Bioengineering, Belgrade, Serbia, 4-6 September 2019, Springer Nature Switzerland AG 2020, N. Filipovic (Ed.): ICCB 2019, LAIS 11, pp. 143-150, ISBN 978-3-030-43657-5,

Doi 10.1007/978-3-030-43658-2_13, 2020

8. Tijana Djukic, Branko Arsic, **Smiljana Djorovic**, Igor Koncar and Nenad Filipovic, Validation of the machine learning approach for 3D reconstruction of carotid artery from ultrasound imaging, The 20th IEEE International Conference on BioInformatics And BioEngineering (BIBE), USA, Virtual Conference, 2020, 26-28 October, pp. /, ISBN /
9. Arsić, B., **Djorovic, S.**, Anić, M., Saveljić, I., Končar, I., Filipović, N. Application of deep learning techniques for segmentation of atherosclerotic carotid arteries by using ultrasound images. In: Zdravković, M., Trajanović, M., Konjović, Z. (Eds.) ICIST 2021 Proceedings, pp.135-138, 2021, <https://www.eventiotic.com/eventiotic/library/paper/656>
10. **Djorovic S.**, Velicki L., Filipovic N., Finite Element Analysis of Patient-Specific Ascending Aortic Aneurysm, International Conference on Medical and Biological Engineering, Mostar, Bosnia and Herzegovina, 2021, 21-24 April, pp. 630-637, ISBN 978-3-030-73909-6
11. Gordana Jovicic, Aleksandra Vulovic, **Smiljana Djorovic**, Arso Vukicevic, Radun Vulovic, Radivoje Radakovic, Nenad Filipovic, Numerical analysis of tennis-specific player knee at maximum power tennis serve, 8th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Kragujevac, Serbia, 2021, 28-30 June, pp. 287-288, ISBN 978-86-909973-8-1
12. Igor Saveljić, Tijana Đukić, Dalibor Nikolić, **Smiljana Đorović** and Nenad Filipović, Numerical Simulation of Fractional Flow Reserve in Atherosclerotic Coronary Arteries, 21st IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering (BIBE), Kragujevac, Serbia, 2021, 25-27 October, pp. 1-4, ISBN 978-1-6654-4261-9, Doi 10.1109/BIBE52308.2021.9635457, 2021
13. **Smiljana Tomašević**, Igor Saveljić, Lazar Velicki, Nenad Filipović, Computational Finite Element Analysis of Aortic Root with Bicuspid Valve, 21st IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering (BIBE), Kragujevac, Serbia, 2021, 25-27 October, pp. 1-5, ISBN 978-1-6654-4261-9, Doi 10.1109/BIBE52308.2021.9635269, 2021
14. Tijana Djukic, Branko Arsic, **Smiljana Djorovic**, Branko Gakovic, Igor Koncar and Nenad Filipovic, Validation Automatic segmentation and 3D reconstruction of plaque components in carotid artery from ultrasound images, IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI'21), Virtual conference, 2021, 27-30 July
15. Tijana Djukic, **Smiljana Djorovic**, Branko Arsic, Branko Gakovic, Igor Koncar, Nenad Filipovic, Predicting plaque progression in patient-specific carotid bifurcation, MICCAI Computational Biomechanics for Medicine XVI workshop, Virtual conference, 2021, 1 October

Списак резултата М34

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу

1. **Smiljana Djorovic**, Igor Koncar, Lazar Davidovic and Nenad Filipovic, Computational simulation of blood flow in the abdominal and left common iliac aneurysm with and without stent graft, 65th International Congress of the European Society for CardioVascular and Endovascular Surgery (ESCVS), Belgrade, Serbia, 21th-24th April

2016, Abstract Book in The journal of cardiovascular surgery, Vol. 57 - Suppl. 2 to No. 2, pp. 60, ISSN 0021-9509, 2016

2. **Smiljana Djorovic**, Igor Koncar, Lazar Davidovic, Nenad Filipovic, Computational approach for determination of the mechanical wall stress within abdominal aortic aneurysm pre- and post- EVAR treatment, 67th International Congress of the European Society for CardioVascular and Endovascular Surgery (ESCVS), Strasbourg, France, 12th-14th April 2018; Abstract Book in The journal of cardiovascular surgery, Vol. 59 - Suppl. 2 to No. 3. pp. 54, ISSN 0021-9509, June 2018
3. **Smiljana Djorovic**, Aleksandar Milosavljevic, Lazar Velicki, and Nenad Filipovic. Parametric Modelling and Computational Examination of Bicuspid Aortic Valve, In Biologica Serbica - Belgrade BioInformatics Conference – BelBi 2018, Belgrade, 18th – 22nd June, Vol. 40, No.1 (Special Edition), pp. 104, ISSN 2334-6590, UDK 57 (051), 2018
4. **Smiljana Djorovic**, Igor Koncar, Lazar Davidovic, Nenad Filipovic, Finite Element Analysis of Abdominal Aortic Aneurysm - Benefits of EVAR Procedure and Predictions of post-operative complications, 13th World Congress on Computational Mechanics (WCCM) July 22-27, 2018. ISBN 978-0-578-40837-8, pp. 668 in Proceedings, 2018
5. **Smiljana Djorovic**, Igor Saveljic, Nenad Filipovic, Three-dimensional numerical analysis of atherosclerosis development within carotid artery. IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI), 19-22 May 2019, Chicago, USA
6. **Smiljana Djorovic**, Igor Saveljic, Nenad Filipovic, Analysis of the carotid artery and atherosclerotic plaque growth using the patient-specific parameters. 68th International congress of the European Society of CardioVascular and Endoascular Surgery (ESCVS), 22-25 May 2019, Groningen, the Netherlands
7. **Smiljana Djorovic**, Igor Saveljic, Nenad Filipovic, Computational modelling of carotid artery and simulation of plaque progression. 7th International Congress of Serbian Society of Mechanics (SSM), 2019, 24-26 June, Sremski Karlovci, Serbia pp. 163-165 in Proceedings, ISBN 978-86-909973-7-4
8. **Smiljana Djorovic**, Igor Saveljic, Nenad Filipovic, Carotid atherosclerosis disease: modelling and analysis of plaque development. 25th Congress of the European Society of Biomechanics - ESBiomech Conference 2019, 07-10 July, Vienna, Austria pp. 422 in Proceedings, ISBN 978-3-903024-96-0
9. Gordana Jovičić, **Smiljana Đorović**, Arso Vukicević, Nenad Djordjević, Nenad Filipović, Integrity assessment of human mandible by using failure criteria. 7th International Congress of Serbian Society of Mechanics (SSM), 2019, 24-26 June, Sremski Karlovci, Serbia pp. 148 in Proceedings, ISBN 978-86-909973-7-4
10. B. Arsic, **S. Djorovic**, M. Anic, I. Saveljic, I. Koncar and N. Filipovic, Analysis of carotid plaque type based on deep learning techniques, VPH2020 Conference, Paris, France (Online), 2020, 24-28 August, pp. /, ISBN /

11. Miljan Milosevic, Bogdan Milicevic, Vladimir Simic, Vladimir Geroski, **Smiljana Djorovic**, Milos Kojic, Nenad Filipovic, Application of electro-mechanical model for investigation of human heart behaviour, 8th European Medical and Biological Engineering Conference (EMBEC 2020), Portorož, Slovenia, 2020, 29 November – 3 December, pp. 58, ISBN 978-961-243-411-3
12. Filipovic N, Milosevic M, **Djorovic S**, Geroski V, Gacic M, Saveljic I, Stojanovic B, Ivanovic M, Kojic M, SILICOFCM: In Silico clinical trials for cardiovascular disease, 8th European Medical and Biological Engineering Conference (EMBEC 2020), Portorož, Slovenia, 2020, 29 November – 3 December, pp. 315, ISBN 978-961-243-411-3
13. Branko Arsic, **Smiljana Djorovic**, Milos Anic, Branko Gakovic, Igor Koncar, Nenad Filipovic, Analysis of atherosclerotic plaque in carotid arteries by using convolutional neural networks, 8th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Kragujevac, Serbia, 2021, 28-30 June, pp. 400-401, ISBN 978-86-909973-8-1
14. Igor Saveljic Slavica Macuzic Saveljic, Dalibor Nikolic, Tijana Djukic, **Smiljana Djorovic**, Jovanka Lukic, and Nenad Filipovic, Numerical modeling the motion of otoconia particles in the semicircular canal under whole body vibration, 8th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Kragujevac, Serbia, 2021, 28-30 June, pp. 128-136, ISBN 978-86-909973-8-1
15. Branko Arsic, **Smiljana Djorovic**, Milos Anic, Igor Koncar, Nenad Filipovic, Processing of ultrasound images by using convolutional neural networks for carotid artery detection and segmentation, 17th International Symposium on Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering (CMBBE), Bonn, Germany, 2021, 7-9 September, pp. 221
16. Branko Arsic, **Smiljana Djorovic**, Milos Anic, Igor Saveljic, Igor Koncar, Nenad Filipovic, Deep learning methods for plaque type classification based on the US images of carotid artery, 26th Congress of the European Society of Biomechanics - ESBiomech Conference, Milan, Italy, 2021, 11-14 July
17. **Smiljana Tomasevic**, Igor Saveljic, Lazar Velicki, Nenad Filipovic, 3D patient-specific computational simulation of aortic root based on finite element method, 12th International Conference on Information Society and Technology, Kopaonik, Serbia, Kopaonik, Serbia, 13-16 March, 2022

Списак резултата M53

Рад у научном часопису

1. **S. Djorovic**, I. Koncar, L. Davidovic, S. Starcevic and N. Filipovic, Computational Analysis of Blood Flow Characteristics in an Aortic System with Abdominal and Left Common Iliac Aneurysm Pre- and Post-Stent Grafting, EAI Endorsed Transactions on Pervasive Health and Technology, ISSN: 2411-7145, Volume 4, No. 13, e4, Doi 10.4108/eai.28-2-2018.154145, 2018
2. S. Starcevic, **S. Djorovic**, and N. Filipovic, Fractional Flow Reserve, Comparison between Invasive and Non-invasive Methods for Calculation of FFR, EAI Endorsed Transactions on Pervasive Health and Technology, ISSN 2411-7145, Volume 4, No. 13, e5, Doi 10.4108/eai.28-2-2018.154146, 2018

3. **Djorovic Smiljana**, Milosavljevic Aleksandar, Velicki Lazar and Filipovic Nenad, Computational Analysis of Bicuspid Aortic Valve, IPSI BgD Transactions on Advanced Research (TAR), Vol. 14, No. 1, ISSN 1820-4511, 2018
4. Adamović Katarina, Vukićević Arso, Vulović Radun, **Đorović Smiljana**, Radaković Radivoje, Jovičić Gordana, Filipović Nenad, Процена отпорности колена применом компјутерских метода, Fizička kultura, Vol.74, No.1, pp. 57-64, ISSN 0350-3828, Doi 10.5937/fizkul2001057A, 2020
5. Савељић Игор; Мачужић Савељић, Славица; Николић, Далибор; **Томашевић, Смиљана**; Ђукић, Тијана; Филиповић, Ненад, Нумеричка анализа утицаја вибрације на лумбалну кичму возача, IPSI Transactions on Internet Research, Vol.18, No.1, pp. 62-68, ISSN 1820-4503, 2022

6. Предлог ментора са његовим референцама којима се доказује испуњеност услова за менторство

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

Референце којима се доказује испуњеност услова за менторство

1. Dalibor Nikolić, Miloš Radović, Srđan Aleksandrić, Miloje Tomašević, **Nenad Filipović**, 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, ISSN 0169-2607, Doi 10.1016/j.cmpb.2014.07.012, 2014 [M21]
2. G Pelosi, D Panetta, F Vozzi, F Viglione, **N Filipovic**, I Savelijc, T Exharcos, MG Trivella, O Parodi, P471 Site-specific shear stress-plaque severity relations by high axial resolution coronary profiling in an animal model of atherogenesis, Cardiovascular research, Vol.103, No.1, pp. S86, ISSN 0008-6363, Doi 10.1093/cvr/cvu091.148, 2014 [M21]
3. Holger Hetterich, Ahmad Jaber, Moritz Gehring, Adrian Curta, Fabian Bamberg, **Nenad Filipovic**, Johannes Rieber, Coronary Computed Tomography Angiography Based Assessment of Endothelial Shear Stress and Its Association with Atherosclerotic Plaque Distribution In-Vivo, *Plos One*, Vol.10, No.1, pp. -, ISSN 1932-6203, Doi 10.1371/journal.pone.0115408, 2015 [M21]
4. M. Kojic, M. Milosevic, V. Simic, V. Geroski, A. Ziemys, **N. Filipovic**, M. Ferrari, Smeared multiscale finite element model for electrophysiology and ionic transport in biological tissue, Computers in Biology and Medicine, Vol. 108, pp. 288-304, ISSN 0010-4825, Doi 10.1016/j.compbiomed.2019.03.023, 2019 [M21]
5. M Kojic, M Milosevic, V Simic, B Milicevic, V Geroski, S Nizzero, A Ziemys, **N Filipovic**, M Ferrari, Smeared multiscale finite element models for mass transport and electrophysiology coupled to muscle mechanics, Frontiers in bioengineering and biotechnology, Vol. 7, No.-, pp. 381, ISSN 2296-4185, Doi 10.3389/fbioe.2019.00381, 2019 [M21]

На основу свега наведеног у претходним тачкама овог извештаја Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Смиљана Томашевић, мастер инжењер машинства, испунила је све предвиђене услове за одобрење израде докторске дисертације.

Предложена тема докторске дисертације је оригинална и има научну заснованост. Предложена методологија израде докторске дисертације је у складу са научним принципима. Очекивани резултати докторске дисертације треба да представљају оригинални научни допринос у нумеричкој и експерименталној анализи кардиомиопатије.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да наведену предложену тему за докторску дисертацију:

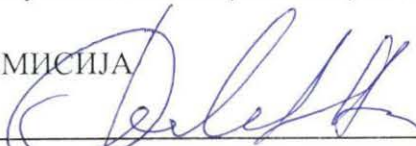
„Нумеричка и експериментална анализа кардиомиопатије“


прихвати и одобри њену израду кандидату **Смиљани Томашевић, мастер инжењеру машинства**.

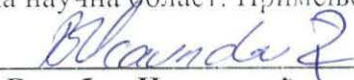
Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Ненад Филиповић, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.


У Крагујевцу,
11.05.2022. год.

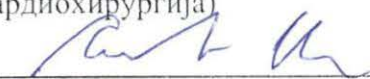
КОМИСИЈА


Др **Ненад Филиповић**, редовни професор – председник Комисије
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Уже научне области: Примењена механика, Примењена
информатика и рачунарско инжењерство


Др **Гордана Јовичић**, редовни професор – члан
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Примењена механика


Др **Велибор Исаиловић**, ванредни професор – члан
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Информационе технологије


Др **Лазар Велички**, ванредни професор – члан
Медицински факултет Универзитета у Новом Саду
Ужа научна област: Хирургија са анестезиологијом
(Кардиохирургија)


Др **Игор Савељић**, научни сарадник – члан
Институт за информационе технологије Универзитета у Крагујевцу
Научна област: Техничко-технолошке науке – електроника,
телекомуникације и информационе технологије