

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА, КРАГУЈЕВАЦ

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА  
УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

Бр. 01-1/109

16.01. 2020 год.  
КРАГУЈЕВАЦ

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Извештај Комисије за избор др **Тијане Ђукић**, мастер инжењера машинства, научног сарадника, у научно звање **виши научни сарадник**.

На седници Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу која је одржана 24.12.2019. године, Одлука бр. 01-1/5041-18, одређени смо за чланове Комисије за писање Извештаја о испуњености услова за избор др Тијане Ђукић, мастер инжењера машинства, научног сарадника, у научно звање **ВИШИ НАУЧНИ САРАДНИК**.

О предложеном кандидату подносимо следећи

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ

Тијана Ђукић, рођена 01.04.1988. године у Крагујевцу, од оца Радета и мајке Мирјане, завршила је основну школу и Прву крагујевачку гимназију као носилац дипломе Вук Карацић и као ђак генерације.

Учествовала је на 45 такмичења од општинског до савезног нивоа које организује Министарство просвете и науке Републике Србије из математике, физике, информатике и немачког језика. На општинским и окружним такмичењима освајала је углавном прва места, а освојила је и 14 републичких и савезних награда, од којих је 8 првих.

Основне академске студије на Машинском факултету у Крагујевцу завршила је у року, као прва у генерацији, са просечном оценом 10.0 и проглашена је за студента генерације.

Мастер академске студије на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу завршила је 14.02.2012. са просечном оценом 10.0, као прва у генерацији. На свечаности поводом Дана факултета и доделе диплома, награђена је књигом као студент генерације Мастер студија.

Докторске академске студије уписала је школске 2012/13. године на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу. Све испите на докторским студијама положила је са просечном оценом 10.0. Докторску дисертацију под називом „Моделирање кретања деформабилног тела у флуиду и примена у биомедицинском инжењерингу“ одбранила је 08.06.2015. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, у актуелној тематској области која се односи на решавање општег проблема кретања деформабилних тела у флуиду, са посебним освртом на кретање црвених крвних зрнаца у капиларним крвним судовима.

Све испите на свим степенима студија положила је у првом предвиђеном року (јануарском и јунском), из првог пута.

Била је стипендиста Фондације за развој научног и уметничког подмлатка Министарства просвете и науке Републике Србије. Стипендију је добила у првој години Гимназије (као један од 35 средњошколаца у Србији) и примала је девет година – током целог школовања.

Била је добитник стипендије Универзитета у Крагујевцу, која се додељује најбољим студентима Универзитета.

Такође је била *Microsoft Student Partner (MSP)* 5 година, што је постала после победе на финалу такмичења *Imagine Cup* за Србију и представљања Србије у Паризу, на највећем светском студентском такмичењу у информационам технологијама.

Говори 5 страних језика – енглески, немачки, шпански, француски и италијански.

Од 01.04.2012. године била је запослена у Истраживачко-развојном центру за Биоинжењеринг, као истраживач сарадник. Након одбране докторске дисертације изабрана је у звање научни сарадник, на основу одлуке Комисије за стицање научних звања Министарства просвете, науке и технолошког развоја, бр. 660-01-00001/37 од 26.10.2016. године. Од 25.12.2019. године запослена је у Институту за информационе технологије, Универзитета у Крагујевцу, као научни сарадник.

Досадашњи рад кандидата углавном је био усмерен на мултидисциплинарна истраживања у области нумеричког моделирања применом дискретних и континуалних метода у биомедицинском инжењерингу. Главне области истраживања кандидата су рачунска механика флуида и механика солида, солид-флуид интеракција, микрофлуиди, моделирање понашања канцера на више скала, паралелно програмирање и моделирање коришћењем *lattice Boltzmann* методе и методе коначних елемената.

У периоду свог научно-истраживачког рада посебан допринос дала је на:

- Развоју метода и алгоритама за нумеричко моделирање кретања крутих и деформабилних тела у флуиду
- Паралелизацији и оптимизацији програма за извршавање на графичким картицама и GPU уређајима
- Развоју метода и компјутерског софтвера за нумеричко моделирање процеса у вестибуларном систему човека

- Развоју метода и компјутерског софтвера за нумеричко моделирање имплантације стентова у деформабилним артеријама

Кандидат је коаутор једне књиге међународног значаја, једног поглавља у монографији међународног значаја, 20 радова у међународним и национаним часописима, као 21 рада на међународним конференцијама. До сада је била ангажована на једном националном пројекту финансираном од стране Министарства за науку и технолошки развој и на десет међународних пројеката.

Број остварених поена кандидата др Тијане Ђукић у целокупном истраживачком раду у категорији **M20** је **99**, од чега је у меродавном изборном периоду за избор у звање **виши научни сарадник** (након одлуке Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, бр. 01-1/5020-12 од 24.12.2015. године о предлогу за стицање претходног научног звања научни сарадник) кандидат остварио **56** поена. Укупан број поена у свим категоријама је **167.5**, од чега је у меродавном изборном периоду кандидат остварио **88** поена.

Од 5 најзначајнијих научних радова у којима је доминантан допринос кандидата др Тијане Ђукић у периоду меродавном за избор у звање виши научни сарадник, публиковано је пет радова у врхунским међународним часописима (M21), који сви имају импакт фактор (IF) преко 3,2.

## **2. БИБЛИОГРАФСКИ ПОДАЦИ - СПИСАК РАДОВА ОБЈАВЉЕНИХ У МЕРОДАВНОМ ИЗБОРНОМ ПЕРИОДУ (24.12.2015.-2019.)**

### **2.1 Поглавље у монографији [M<sub>13</sub>] (1x7=7)**

- [1] **T. Djukic**, Numerical modeling of cell separation in microfluidic chips, N. Filipovic (ed.), Computational Modeling in Bioengineering and Bioinformatics, 1st Edition, Elsevier, Paperback ISBN: 9780128195833, eBook ISBN: 9780128195840, pp. 321-352, 2019.

### **2.2 Рад у врхунском међународном часопису [M<sub>21</sub>] (7x8=56)**

- [2] D. Brönnimann, **T. Djukic**, R. Triet, C. Dellenbach, I. Saveljic, M. Rieger, S. Rohr, N. Filipovic, V. Djonov, Pharmacological modulation of hemodynamics in adult zebrafish in vivo, PLOS ONE, 11(3), DOI: 10.1371/journal.pone.0150948, 2016. IF=3,234  
Цитати: Scopus (2)
- [3] D. Cvetković, M. Živanović, M. Milutinović, **T. Đukić**, M. Radović, A. Cvetković, N. Filipović, N. Zdravković, Real-time monitoring of cytotoxic effects of electroporation on breast and colon cancer cell lines, Bioelectrochemistry, 113, pp. 85-94, DOI: 10.1016/j.bioelechem.2016.10.005, 2016. IF=4,172  
Цитати: ISI/Web of Science (4); Scopus (4)

- [4] **T. Djukic**, S. Karthik, I. Saveljic, V. Djonov, N. Filipovic, Modeling the behavior of red blood cells within the caudal vein plexus of zebrafish, *Frontiers in Physiology*, DOI: 10.3389/fphys.2016.00455, 2016. IF=4,134  
Цитати: ISI/Web of Science (1); Scopus (1)
- [5] **T. Djukic**, N. Filipovic, Numerical modeling of the cupular displacement and motion of otoconia particles in a semicircular canal, *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, vol. 16, issue 5, pp. 1669–1680, DOI: 10.1007/s10237-017-0912-8, 2017. IF=3,323  
Цитати: ISI/Web of Science (3); Scopus (3)
- [6] S. Karthik, **T. Djukic**, J.-D. Kim, B. Zuber, A. Makanya, A. Odriozola, R. Hlushchuk, N. Filipovic, S. W. Jin, V. Djonov, Synergistic interaction of sprouting and intussusceptive angiogenesis during zebrafish caudal vein plexus development, *Scientific Reports*, vol. 8, Article number: 9840, DOI: 10.1038/s41598-018-27791-6, 2018. IF=4,259  
Цитати: ISI/Web of Science (4); Scopus (3)
- [7] **T. Djukic**, I. Saveljic, G. Pelosi, O. Parodi, N. Filipovic, Numerical simulation of stent deployment within patient-specific artery and its validation against clinical data, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 175, pp. 121-127, DOI: 10.1016/j.cmpb.2019.04.005, 2019. IF=3,424
- [8] **T. Djukic**, I. Saveljic, N. Filipovic, Numerical modeling of the motion of otoconia particles in the patient-specific semicircular canal, *Computational Particle Mechanics*, vol. 6, issue 4, pp. 767-780, DOI:10.1007/s40571-019-00260-1, 2019. IF=2,206

### 2.3 Саопштење са међународног скупа штампано у целини [M<sub>33</sub>] (10x1=10)

- [9] **T. Djukic**, N. Filipovic, Real time otoconia particle tracking in the simplified semi-circular canal, VII European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS Congress), Crete, Greece, 5-10 June, 2016
- [10] **T. Djukic**, N. Filipovic, Parallelization of the numerical simulation of motion of deformable objects within fluid domain on a GPU device, 2nd EAI International Conference on Future Access Enablers of Ubiquitous and Intelligent Infrastructures (FABULOUS), Belgrade, Serbia, 24-25 October, 2016
- [11] **T. Djukic**, I. Saveljic, N. Filipovic, Interactive Software for Tracking Motion of Otoconia Particles in the Semicircular Canals of the Inner Ear, M.I.1, 4th South-East European Conference on Computational Mechanics (SEECCM), Kragujevac, Serbia, 3-4 July, 2017.
- [12] **T. Djukic**, I. Saveljic, N. Filipovic, Parallelization of software for stent deployment inside artery, Belgrade Bioinformatics Conference – BelBi, Belgrade, Serbia, 18-22 June, 2018
- [13] **T. Djukic**, I. Saveljic, N. Filipovic, Real-time simulation of stent deployment and blood flow through a blood vessel with stent, 8th World Congress of Biomechanics - WCB, Dublin, Ireland, 8 – 12 July, 2018
- [14] **T. Djukic**, I. Saveljic, G. Pelosi, O. Parodi, N. Filipovic, Numerical Simulation of Implantation of Stent Within Artery with Deformable Wall, IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics, Chicago, IL, USA, 19 – 22, May 2019
- [15] I. Saveljic, D. Nikolic, **T. Djukic**, G. Pelosi, O. Parodi, N. Filipovic, 3D modeling of atherosclerosis progression in coronary arteries, IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics, Chicago, IL, USA, 19 – 22, May 2019

- [16] **T. Djukic**, I. Saveljic, G. Pelosi, O. Parodi, N. Filipovic, Using numerical simulations to analyze stress in arterial wall during stent deployment, 25th Congress of the European Society of Biomechanics (ESB), Vienna, Austria, 7-10 July, 2019
- [17] **T. Djukic**, M. Radovic, D. Cvetkovic, N. Filipovic, Numerical simulation of the influence of the electromagnetic field on cancer cell lines, 7th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Sremski Karlovci, Serbia, June 24-26, 2019
- [18] **T. Djukic**, I. Saveljic, G. Pelosi, O. Parodi, N. Filipovic, Simulation of Deployment of Multiple Stents Within Deformable Artery, IEEE 19TH International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), Athens, Greece, October 28-30, 2019.

#### 2.4 Рад у часопису националног значаја [M<sub>53</sub>] (1x1=1)

- [19] **T. Đukić**, I. Saveljić, N. Filipović, Software for Real Time Interactive Tracking of Otoconia Particles within the Semicircular Canals of the Inner Ear, The IPSI BgD Transactions on Advanced Research, 13(2), pp. 35-41, 2017.

#### 2.5 Ново техничко решење примењено на међународном нивоу, одобрено од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије [M<sub>81</sub>] (1x8=8)

- [20] **T. Ђукић**, Н. Филиповић, Нумерички модел и софтвер за симулацију процеса каналитијазе у вестибуларном систему човека, 2019.

#### 2.6 Ново техничко решење примењено на националном нивоу, одобрено од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије [M<sub>82</sub>] (1x6=6)

- [21] **T. Ђукић**, М. Јеремић, Н. Филиповић, М. Равлић, М. Матовић, Систем за интерактивно праћење нивоа радиоактивности пацијената са карциномом штитасте жлезде након третмана високим дозама радиоактивног јода, 2018.

### 3. КВАНТИТАТИВНИ ПОКАЗАТЕЉИ ДОСАДАШЊЕГ НАУЧНОИСТРАЖИВАЧКОГ РАДА

У наставку ће бити приказани квантитативни показатељи научноистраживачког рада кандидата. У Табели 1 дати су квантитативни показатељи који су били остварени за стицање звања **научни сарадник**, а у Табели 2 дати су остварени квантитативни показатељи меродавни за избор у звање **виши научни сарадник**. У Табели 3 је приказан укупан број остварених истраживачких поена кандидата, док Табела 4 приказује потребан број поена за избор у научно звање према Правилнику о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача („Службени Гласник РС“ бр. 24/2016, 21/2017 и 38/2017).

**Табела 1.** Квантитативни показатељи научноистраживачког рада кандидата др Тијане Ђукић до стицања звања **научни сарадник**

Група резултата	Ознака врсте резултата - категорија рада	Вредност резултата	Број резултата	Укупно бодова
<b>M10</b>	M11 - Истакнута монографија међународног значаја	15	1	<b>15</b>
<b>Укупан број поена у категорији M10:</b>				<b><u>15</u></b>
<b>M20</b>	M21 - Рад у врхунском међународном часопису	8	3	<b>24</b>
	M22 - Рад у истакнутом међународном часопису	5	2	<b>10</b>
	M23 - Рад у међународном часопису	3	3	<b>9</b>
<b>Укупан број поена у категорији M21-24:</b>				<b><u>43</u></b>
<b>M30</b>	M32 - Предавање по позиву са међународног скупа штампано у изводу	1,5	1	<b>1,5</b>
	M33 - Саопштење са међународног скупа штампано у целини	1	6	<b>6</b>
<b>Укупан број поена у категоријама M10, M21-24, M31-33, M41-42, M51:</b>				<b><u>65,5</u></b>
<b>M50</b>	M53 - Рад у националном часопису	1	3	<b>3</b>
<b>M70</b>	M71 - Одбрањена докторска дисертација	6	1	<b>6</b>
<b>Укупан број поена у категоријама M52-53, M60, M70, M80:</b>				<b><u>9</u></b>
<b>Укупан број референци и поена кандидата у претходном изборном периоду</b>			<b><u>20</u></b>	<b><u>74,5</u></b>

**Табела 2.** Квантитативни показатељи научноистраживачког рада кандидата др Тијане Ђукић меродавни за избор у звање **виши научни сарадник**

Група резултата	Ознака врсте резултата - категорија рада	Вредност резултата	Број резултата	Укупно бодова
<b>M10</b>	M13 - Монографска студија/поглавље у књизи M11	7	1	7
<b>Укупан број поена у категорији M10:</b>				<u>7</u>
<b>M20</b>	M21 - Рад у врхунском међународном часопису	8	7	56
<b>Укупан број поена у категорији M21-24:</b>				<u>56</u>
<b>M30</b>	M33 - Саопштење са међународног скупа штампано у целини	1	10	10
<b>Укупан број поена у категоријама M10, M21-24, M31-33, M41-42, M51:</b>				<u>73</u>
<b>M50</b>	M53 - Рад у националном часопису	1	1	1
<b>M80</b>	M81 - Ново техничко решење примењено на међународном нивоу	8	1	8
	M82 - Ново техничко решење примењено на националном нивоу	6	1	6
<b>Укупан број поена у категоријама M52-53, M60, M70, M80:</b>				<u>15</u>
<b>Укупан број референци и поена кандидата у меродавном изборном периоду</b>			<u>21</u>	<u>88</u>

Кандидат др Тијана Ђукић, у меродавном изборном периоду, након стицања научног звања научни сарадник, као аутор или коаутор, објавила је укупно 21 публикацију, од којих су: једно поглавље у књизи M11 категорије M13, седам радова у врхунском међународном часопису категорије M21, једно техничко решење примењено на међународном нивоу M81, једно техничко решење примењено на националном нивоу M82, 10 радова на конференцијама међународног значаја M33, као и један рад у часопису националног значаја M53.

**Табела 3.** Квантитативни показатељи научноистраживачког рада кандидата др Тијане Ђукић у току целе научноистраживачке каријере

Група резултата	Ознака врсте резултата - категорија рада	Вредност резултата	Број резултата	Укупно бодова
<b>M10</b>	M11 - Истакнута монографија међународног значаја	15	1	<b>15</b>
	M13 - Монографска студија/поглавље у књизи M11	7	1	7
<b>Укупан број поена у категорији M10:</b>				<b><u>22</u></b>
<b>M20</b>	M21 - Рад у врхунском међународном часопису	8	10	<b>80</b>
	M22 - Рад у истакнутом међународном часопису	5	2	<b>10</b>
	M23 - Рад у међународном часопису	3	3	9
<b>Укупан број поена у категорији M21-24:</b>				<b><u>99</u></b>
<b>M30</b>	M32 - Предавање по позиву са међународног скупа штампано у изводу	1,5	1	<b>1,5</b>
	M33 - Саопштење са међународног скупа штампано у целини	1	20	<b>20</b>
<b>Укупан број поена у категоријама M10, M21-24, M31-33, M41-42, M51:</b>				<b><u>142,5</u></b>
<b>M50</b>	M53 - Рад у националном часопису	1	5	<b>5</b>
<b>M70</b>	M71 - Одбрањена докторска дисертација	6	1	<b>6</b>
<b>M80</b>	M81 - Ново техничко решење примењено на међународном нивоу	8	1	<b>8</b>
	M82 - Ново техничко решење примењено на националном нивоу	6	1	<b>6</b>
<b>Укупан број поена у категоријама M52-53, M60, M70, M80:</b>				<b><u>25</u></b>
<b>Укупан број референци и поена кандидата</b>			<b><u>46</u></b>	<b><u>167,5</u></b>



**Табела 4.** Минимални квантитативни захтеви за стицање појединачних научних звања, конкретно за избор у научно звање виши научни сарадник, за техничко-технолошке и биотехничке науке

		Неопходно	Неопходно за убрзано напредовање (члан 34 Правилника)	Остварено
<b>Виши научни сарадник</b>	Укупно	50	75	<b><u>88</u></b>
Обавезни (1)	M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M51+M80+M90+M100	40	60	<b><u>87</u></b>
Обавезни (2)	M21+M22+M23+M81-83+M90-96+M101-103+M108	22	33	<b><u>70</u></b>
Обавезни (2)* <sup>1</sup>	M21+M22+M23	11	16,5	<b><u>56</u></b>
Обавезни (2)* <sup>2</sup>	M81-83+M90-96+M101-103+M108	7	10,5	<b><u>14</u></b>

Може се констатовати да је кандидат др Тијана Ђукић током своје научне каријере објавила укупно 46 публикација различитих категорија, које су публиковане у међународним монографијама, међународним и националним научним часописима или су саопштене на међународним научним скуповима.

Од 5 најзначајнијих научних радова у којима је доминантан допринос кандидата др Тијане Ђукић у периоду меродавном за избор у звање виши научни сарадник, публиковано је пет радова у врхунским међународним часописима (M21), који сви имају импакт фактор (IF) преко 3,2.

Као што се може видети из Табеле 4, број остварених поена кандидата је у свим категоријама већи од минималних квантитативних захтева који су прописани за избор у звање виши научни сарадник. Такође, као што је прописано чланом 34 Правилника, кандидат испуњава за једну половину више минималних квантитативних резултата што је потребно за убрзано напредовање.

#### **4. АНАЛИЗА ОБЈАВЉЕНИХ НАУЧНИХ РАДОВА У МЕРОДАВНОМ ИЗБОРНОМ ПЕРИОДУ**

У оквиру поглавља у монографији [1] моделирано је кретање циркулишућих канцер ћелија кроз микрофлуидни чип за сепарацију канцер ћелија. Ова студија се ослања на претходно публикован рад кандидата и у њој се користи комплексан нумерички модел који симулира

интеракцију између појединачних канцер ћелија са околним флуидом, као и деформацију канцер ћелија током кретања у комплексном домену. Развијени нумерички модел има велику примену у разумевању процеса који се дешавају унутар микрофлуидног чипа за сепарацију ћелија. У поглављу је показано да се овај модел може користити за приликом дизајнирања микрофлуидних чипова и анализу њихове ефикасности. Наиме, коришћењем нумеричких симулација могуће је унапредити постојећи дизајн чипа и прецизно одредити најоптималније параметре који обезбеђују највећу ефикасност, без потребе за скупим и дуготрајним експериментима. Резултати нумеричких симулација су упоређени са експерименталним резултатима да би се потврдила тачност методе.

Један део научноистраживачког рада кандидата је везан за моделирање процеса унутар кардиоваскуларног система посебне врсте рибе, тзв. зебра рибе. Ова врста је погодна за експериментално испитивање, а карактеристике кардиоваскуларног система имају доста сличности са људским системом. У оквиру рада [2] експериментално су праћени одређени хемодинамички параметри у оквиру крвних судова живих одраслих јединки зебра рибе (лат. *in-vivo*), као и промене тих параметара услед убризгавања одређених лекова који утичу на кардиоваскуларни систем. Добијени експериментални резултати су потврђени кроз нумеричке симулације методом коначних елемената. У раду [6] анализирани су процеси настанка нових крвних судова у венском систему зебра рибе током ембрионалног развоја јединки у реалном времену. Наиме, ембриони зебра риба су мали и оптички транспарентни, па је могуће снимати струјање крви. На тај начин се прати анатомија крвних судова током циркулисања крви, док се истовремено ембрион даље развија. И у овом раду [6] су праћени хемодинамички параметри током експеримената на живим јединкама (лат. *in-vivo*). Подаци који су добијени у нумеричким симулацијама струјања крви кроз комплексну мрежу крвних судова која је добијена са експерименталних снимака су се показали као веома значајни, јер је тиме потврђено да је главни покретач настанка нових крвних судова управо циркулација крви. Коришћењем симулација утврђена су места на којима долази до пада смичућег напона на зидовима и потом је поређењем утврђено да управо на тим местима долази до стварања нових грана. Слични експериментални подаци су коришћени и у раду [4] где је праћено кретање појединачних црвених крвних зрнаца кроз репни венски систем зебра рибе. Комплексни нумерички модел који је развио кандидат је коришћен да би се моделирало кретање ових деформабилних ћелија. Резултати нумеричких симулација су поређени са експерименталним снимцима у једном сегменту репа зебра рибе и добро поклапање облика крвног зрнаца је показало да се развијени нумерички модел може користити за предвиђање и анализу кретања и деформације крвних зрнаца у комплексним доменима. Овакав модел може имати велику примену, јер је анализа облика и динамике кретања црвених крвних зрнаца једно од важних питања који се изучавају у физиологији и биомеханици. Такође, још једна додатна предност развијеног нумеричког модела је у томе што је потпуно паралелизован. Захваљујући посебним техникама паралелизације које су описане у [10], могуће је покретати комплексне нумеричке симулације на графичким картицама и GPU уређајима (енг. *graphics processing units*) и на тај начин је обезбеђено да се прорачуни знатно брже извршавају. Симулације струјања крви за које би иначе било потребно неколико сати, применом паралелизованог софтвера извршавају се за неколико минута.

Други део научноистраживачког рада кандидата се односи на симулације процеса у оквиру вестибуларног система човека. У вестибуларном систему постоје три семициркуларна канала, испуњена течномшћу која се назива ендолимфа. У сваком каналу на једном крају постоји мембрана (купула) која се деформише услед кретања ендолимфе и која је задужена за регистровање ротација главе. Услед поремећаја вестибуларног система, долази до појаве комадића калцијум карбоната, односно тзв. честица отоконија. Ове честице доводе до пертурбације струјања ендолимфе и до додатних деформација купуле, што даље доводи до поремећаја система равнотеже. Овај поремећај се назива бенигна пароксизмална позициона вртоглавица. Егзактно праћење кретања отоконија у људском организму је очигледно готово немогуће. Због тога није могуће детаљно објаснити појаве до којих долази код поменутих поремећаја. Самим тим, закључци о овом поремећају до којих је могуће доћи кроз клиничка испитивања и експерименте су прилично ограничени. Нумеричке симулације се могу врло успешно користити за анализу овог феномена. Коришћењем нумеричких симулација, могуће је анализирати утицај различитих параметара и извести закључке о утицају отоконија на деформацију купуле. У раду [5] представљен је нумерички модел који симулира све поменуте процесе у једном идеализованом семициркуларном каналу. Нумерички модел укључује моделирање тродимензионалног струјања ендолимфе (применом модификоване lattice Boltzmann методе), слободног кретања отоконија, деформације купуле (применом линеарно еластичног модела) и међусобну интеракцију свих ових ентитета (применом ИБМ методе (енг. *immersed boundary method*)). У симулацији је праћено кретање честице отоконија и добијени резултати су поређени са другим резултатима из литературе, да би се извршила верификација представљеног модела. Овај нумерички модел је имплементиран у оквиру софтвера који се може користити за праћење кретања честице отоконија и деформације мембране у реалном времену и овај софтвер је приказан у раду [11]. Приликом имплементације овог софтвера коришћене су технике паралелизације које су омогућиле да се применом GPU уређаја прорачуни драстично убрзају. Коришћене технике паралелизације су представљене у раду [19].

Нумерички модел је унапређен у раду [8], тако да је омогућено праћење више честица отоконија, као и њихова међусобна интеракција применом ДЕМ методе (енг. *discrete element method*). Такође, интеракција честица са зидом је моделирана коришћењем прецизније израчунате лубрикационе силе. У овом раду [8] је моделирано струјање ендолимфе и кретање честица кроз реалну геометрију, добијену за одређеног пацијента. Резултати симулација су поново поређени са другим релевантним резултатима из литературе. Добро поклапање резултата које је добијено потврдило је да се развијени нумерички модел може успешно користити за симулирање феномена у оквиру вестибуларног система.

Кандидат се и раније током научноистраживачког рада бавио моделирањем понашања канцера, како на ћелијском, тако и на нивоу ткива. У току меродавног изборног периода, кандидат је унапредио претходно развијени нумерички модел у раду [3], тако да је могуће детаљније анализирати понашање ћелија под утицајем електромагнетног поља. У новом моделу је укључен већи број параметара нумеричког модела који су процењивани на основу експерименталних података применом посебних техника естимације. У оквиру експеримента

коришћено је више канцер ћелијских линија, као и здраве хумане контролне ћелије. Експериментом је одређен број живих ћелија у временском периоду од 72 сата, са подацима о броју ћелија у више временских тренутака. Основни циљ експеримената је да се утврди како електромагнетно поље различите волтаже утиче на ћелијске линије, као и да се одреди оптимална волтажа која ће да допринесе убијању канцер ћелија, а да при томе што мање оштети здраве ћелије. Спроведене су и нумеричке симулације, које су додатно потврдиле експерименталне резултате. Такође, нумеричке симулације су пружиле и додатне квантитативне податке о ћелијским линијама, које није било могуће утврдити експериментално.

Још једно унапређење поменутог нумеричког модела представљено је у раду [17]. Ефекат простирања електричног поља кроз домен са ћелијама, као и кроз ћелијску мембрану је посебно анализиран, да би се потом тај ефекат прецизније описао и укључио у постојећи модел за предвиђање понашања канцер ћелија током времена. Поново су експериментално испитиване три канцер ћелијске линије, чије је понашање праћено током времена. Контролне ћелијске линије, које нису третиране електромагнетним пољем, су коришћене за естимацију одређених параметара нумеричког модела. Потом је предвиђано понашање ћелија под дејством електромагнетног поља и поређене су вредности броја живих ћелија током времена са експерименталним подацима. Добијено је добро поклапање резултата и тиме је показано да се развијени нумерички модел може успешно користити за предвиђање понашања канцер ћелија и боље планирање експеримената.

Трећи део научноистраживачког рада кандидата се односи на симулације имплантације стента у артерије пацијента. Имплантација стента је један од клиничких третмана атеросклерозе, односно стенозичних крвних судова. Стент је цилиндричног облика, направљен од метала и убацује се у запушени крвни суд. На одређеном месту, он се шири, притом вршећи и деформацију зида крвног суда и на тај начин се обезбеђује нормализација протока крви. Међутим, постоји много параметара на које треба обратити пажњу током имплантације стента, као што су величина стента, облик, проценат ширења итд. У реалним клиничким условима веома је тешко пратити све ове параметре и предвидети исход самог третмана. Зато се могу користити нумеричке симулације. Циљ научноистраживачког рада кандидата у овом сегменту је био да развије нумерички модел који ће омогућити праћење деформације стента и зида артерије током трајања процеса имплантације. У свим симулацијама као модели артерија су коришћене реалне артерије, добијене за конкретне пацијенте, на основу клиничких података доступних у оквиру међународног пројекта SMARTool. Једноставни почетни нумерички модел представљен је у раду [12]. Овај модел омогућава симулацију ширења стента у крутој артерији, као и у деформабилној артерији која је моделирана са поједностављеним нумеричким моделом. Овакве симулације су компјутерски веома захтевне и дуготрајне. Због тога је приликом имплементације нумеричког модела посебна пажња посвећена техникама паралелизације. И у овом сегменту свог научноистраживачког рада кандидат је користио технике програмирања за GPU уређаје. Развијени софтвер користи модерну графичку картицу рачунара да би се резултати прорачуна пратили у реалном времену. Предности оваквог приступа и добијена убрзања су представљена у раду [12].

Нумерички модел је потом унапређен, тако да је зид артерије моделиран применом методе коначних елемената. Такође, у оквиру овог модела су узете у обзир велике деформације и велика померања зида артерије што је омогућило већу тачност симулација. Коначни нумерички модел садржи три сегмента: моделирање ширења стента, моделирање деформације артерије и моделирање интеракције ова два ентитета. Коришћењем ових симулација могуће је одредити облике стента и артерије током целог процеса имплантације. Код нумеричких модела имплантације стента веома је значајно анализирати могућности модела код артерија са већим сужењима, јер су такви случајеви клинички најзначајнији. Развијени нумерички модел се веома успешно може користити у таквим случајевима. Резултати нумеричких симулација имплантације стента за једног конкретног пацијента, са веома великим сужењем крвног суда су представљени у раду [14].

Развијени нумерички модел је детаљно представљен у раду [7]. У овом раду су презентовани и резултати добијени за конкретне клиничке пацијенте. За ове пацијенте постоје клинички подаци о облику коронарне артерије пре и после третмана имплантације стента. Валидација нумеричког модела је приказана у раду [7], тако што су поређени попречни пресеци артерије добијени на основу клиничких података са подацима из нумеричке симулације и добијено је одлично поклапање резултата, са израчунатом стандардном девијацијом од око 5%.

Још једна велика предност нумеричких симулација коришћењем развијеног модела је што је могуће квантитативно описати стање артерије и стента током имплантације. Ови подаци, као што су брзина струјања крви, смичући напон у зиду крвног суда и други хемодинамички параметри, су корисни јер их није могуће добити током самог клиничког третмана. Главни исход третмана имплантације стента је нормализован проток у третираном крвном суду. Због тога је након имплантације битно проверити колико се променило струјање крви кроз разматрани крвни суд. Резултати нумеричке симулације имплантације стента применом развијеног нумеричког модела, као и резултати струјања крви пре и после третмана применом lattice Boltzmann методе су представљени у раду [13]. У раду [16] приказане су вредности унутрашњег напона у зиду артерије, који је изазван деформацијом зида током читавог процеса имплантације.

Развијени нумерички модел имплантације стента је такође коришћен за моделирање истовремене имплантације више стентова у стенотичним коронарним артеријама и ти резултати су представљени у раду [18].

Процес атеросклерозе се дешава постепено и настанак плака је такође могуће нумерички симулирати. У раду [15] представљени су резултати нумеричких симулација за предвиђање концентрације плака у левој коронарној артерији за једног конкретног пацијента. Резултати симулација су поређени са клинички добијеним подацима и добро поклапање резултата је показало добру тачност нумеричког модела.

Добро поклапање резултата добијено током верификације развијеног нумеричког модела доказује да се овај модел може успешно користити за детаљну анализу комплетног процеса имплантације стента, укључујући облике стента и артерије током третмана, као и друге квантитативне параметре стања зида артерије. Такође, овакве симулације омогућавају адаптацију параметара као што су дужина, пречник, облик и тачан положај стента у артерији који ће обезбедити боље позиционирање стента, а самим тим и највећу ефикасност третмана.

Развијени софтвер који омогућава извршавање симулација у реалном времену представља користан алат који се може користити у клиничкој пракси да би се прецизно предвидео коначан исход имплантације стента и да би се помогло у бољем преоперативном планирању третмана за сваког конкретног пацијента.

Техничко решење [20] се односи на област информационих технологија, а примењује се у медицини. У оквиру овог техничког решења приказан је нумерички модел који омогућава моделирање процеса вестибуларног лавиринта код човека у реалном времену. Комплексни нумерички модел се састоји из више делова - моделирања тродимензионалног струјања флуида (ендолимфе), моделирања слободног кретања плутајућих честица (отоконија) унутар флуида, моделирања деформације мембране (купуле) и моделирања интеракције свих ових ентитета применом технике јаког спрезања. Резултати добијени применом овог нумеричког модела су поређени са резултатима из литературе, у циљу верификације самог модела и ови резултати су презентовани у већ анализираном раду кандидата [5]. У оквиру поменутог рада кандидата [5], коришћена је поједностављена геометрија, док је у овом техничком решењу [20] коришћена и реална геометрија лавиринта добијена за конкретног пацијента. Такође, унапређен је и део нумеричког модела који се односи на моделирање кретања више плутајућих честица истовремено.

У оквиру овог техничког решења представљен је и софтвер који представља имплементацију нумеричког модела и који омогућава извршавање симулације и визуелизацију кретања свих ентитета у реалном времену. Имплементација софтвера је урађена у програмском језику C++, уз коришћење OpenGL технологије за визуелизацију. Приликом имплементације посебна пажња посвећена је техникама паралелизације, софтвер је прилагођен за извршавање на рачунару са NVIDIA графичком картицом и на овај начин је омогућено да се резултати симулације могу пратити у реалном времену.

Коришћењем развијеног софтвера и нумеричких симулација помоћу њега могуће је добити нове информације потребне за анализу и објашњење појава унутар лавиринта унутрашњег уха. Бенигна пароксимална позициона вртоглавица је поремећај вестибуларног система који је проузрокован плутајућим честицама калцијум карбоната унутар полукружног канала лавиринта. Тачан број, облик и величину ових честица није могуће одредити, могуће је само пратити реакцију вестибуларног система пацијента на померање главе. Коришћењем нумеричког модела и софтвера који је приказан у овом техничком решењу, могуће је анализирати утицај различитог броја честица, као и њихових димензија, на деформацију купуле, а самим тим и на одзив вестибуларног система. На тај начин могуће је одредити стање унутар лавиринта које је проузроковало клиничке симптоме које пацијент има. Такође, може се предвидети реакција пацијента на неке маневре пре самог третмана.

Софтвер и нумерички модел у оквиру овог техничког решења омогућавају креирање персонализованог модела, који омогућава бољи третман пацијената са поменутиим поремећајем, јер се симптоми могу много боље објаснити и анализирати, а затим се и начин лечења може испланирати у складу са специфичним симптомима. Због свега наведеног, развијени софтвер се може користити као помоћни алат у дијагностици и планирању третмана у клиничкој пракси.

И техничко решење [21] се односи на област информационих технологија и примењује се у медицини. Развијен је систем за компјутерско праћење и мерење нивоа рест радиоактивности у телу пацијената у реалном времену, током њихове хоспитализације након третмана високим дозама радиоактивног јода, у посебним просторијама које су ограниченог приступа. У првој фази развоја овог техничког решења, развијен је електронски систем који омогућава видео надзор просторије са ограниченим приступом у којој је смештен пацијент, као и електронско праћење виталних функција пацијента са дистанце, након третмана радиоактивним јодом. Овај систем је унапређен овим техничким решењем тако да омогућава и мерење нивоа радиоактивности у реалном времену током целог периода хоспитализације. Тестирана је стабилност, ефикасност и линеарност овог система и веома мала одступања од теоријских вредности само на самом почетку мерења доказала су да је систем стабилан и поуздан и да се успешно може користити у клиничкој пракси. Поред тога, у оквиру овог техничког решења [21] развијен је и додатни компјутерски софтвер који омогућава потпуну контролу рада хардверских компоненти, аутоматизацију процеса мерења и његово праћење. У развијени софтвер је укључено и предвиђање када ће ниво радиоактивности достићи дозвољену вредност и када пацијент може бити отпуштен са болничког лечења.

Развијени систем је безбедан, прецизан и лак за коришћење. Имплементацијом система у клиничкој пракси омогућена је рационалнија употреба болничких ресурса и смањење трошкова лечења радиоактивним јодом. Такође, овакав систем обезбеђује већу заштиту медицинског особља од претераног излагања јонизујућем зрачењу. Даљом применом развијеног система у клиничкој пракси, биће могуће и квантитативно одредити предности примене. Пре почетка примене овог система већ је постојала база одређеног броја пацијената који су примали терапију радиоактивним јодом. Може се упоредити дужина боравка на лечењу, количина утрошених ресурса и трошкови лечења ових пацијената са новим подацима који су добијени применом новог система, за различите почетне дозе радиоактивног јода и тада ће све предности бити још боље уочљиве.

## 5. УЧЕШЋЕ У НАУЧНО-ИСТРАЖИВАЧКИМ ПРОЈЕКТИМА

Кандидат др Тијана Ђукић до сада је била ангажована на једном националном пројекту финансираном од стране Министарства за науку и технолошки развој:

- [1] Национални пројекат ОИ-174028, 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

Поред тога, до сада учествовала је на десет међународних пројеката:

- [1] Европски пројекат: Parallel blood flow simulation, PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) Preparatory Access Type B 10th call (15/10/12 – 15/04/13), Руководилац пројекта проф. др Ненад Филиповић

- [2] Европски пројекат: Computer modeling in biomedical engineering, PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) DECI-11 call Tier-1 (01/11/13 – 31/10/14), Руководилац пројекта проф. др Ненад Филиповић
- [3] Оквирни пројекат: FP7 – Large-scale Integrating Project (IP), ICT IP-224297 – ARTreat: Multi-level patient-specific artery and atherogenesis model for outcome prediction, decision support treatment, and virtual hand-on training (09/01/08 – 8/31/12), Координатор за Србију др Ненад Филиповић, редовни професор
- [4] Међународни пројекат: Modeling of Blood Microcirculation, Margination and Endocytosis of Particles, The University of Texas Health Science Center at Houston, USA, (10/01/08 – 10/31/12), Координатор за Србију др Ненад Филиповић, редовни професор
- [5] COST Action: Action MP1005 NAMABIO - From nano to macro biomaterials (design, processing, characterization, modeling) and applications to stem cells regenerative orthopedic and dental medicine (14/04/11 – 13/04/15), Sponsoring organization: European Cooperation in Science and Technology, Руководилац пројекта за Србију др Ненад Филиповић, редовни професор
- [6] COST Action: Action CA16122 BIONECA - Biomaterials and advanced physical techniques for regenerative cardiology and neurology, Sponsoring organization: European Cooperation in Science and Technology, Руководилац пројекта за Србију др Ненад Филиповић, редовни професор
- [7] Scientific Project: IP:Z74Z0\_137357 – Computational modeling of blood flow in the tumor vasculature (01/06/12 – 30/05/15), Координатори пројекта: Prof. Curzio Rüegg, University of Fribourg, Switzerland and Prof. Nenad Filipovic, University of Kragujevac, Serbia.
- [8] Scientific Project: JRP:IZ73Z0\_152454/1 – Role of blood flow and SD-1/CXXR4-induced recruitment of mononuclear cells in intussusceptive angiogenesis (01/09/14 – 30/08/17), Координатори пројекта: Prof. Valentin Djonov, University of Bern, Switzerland, Assoc. Prof. Ivanka Dimova, University of Sofia, Bulgaria, and Prof. Vladislav Volarevic, University of Kragujevac, Serbia.
- [9] Оквирни пројекат: FP7 – ICT-2013-10 – 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 (01/12/13 – 30/11/16), Координатор за Србију др Ненад Филиповић, редовни професор
- [10] Међународни пројекат: H2020 - PHC-2015-single-stage – SMARTool: Simulation Modeling of coronary ARTery disease: a tool for clinical decision support (01/01/16-30/06/19), Координатор за Србију др Ненад Филиповић, редовни професор

Кандидат је успешно руководио пројектним задацима у оквиру следећих пројеката:

- Пројектни задатак: “Parallelization of the in-house developed software LBSolver, for the simulation of blood flow on the PRACE architecture”; Европски пројекат: Parallel blood flow simulation, PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) Preparatory



Access Type B 10th call (15/10/12 – 15/04/13), Руководилац пројекта проф. др Ненад Филиповић

- Пројектни задатак: “Adaptation of the in-house developed software LBSolver, for the execution on the multi-GPU cluster of the PRACE architecture”; Европски пројекат: Computer modeling in biomedical engineering, PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) DECI-11 call Tier-1 (01/11/13 – 31/10/14), Руководилац пројекта проф. др Ненад Филиповић
- Пројектни задатак: “Validating the developed numerical model against clinical data”; Међународни пројекат: H2020 - PHC-2015-single-stage – SMARTool: Simulation Modeling of coronary ARtery disease: a tool for clinical decision support (01/01/16-30/06/19), Координатор за Србију др Ненад Филиповић, редовни професор

## 6. ЧЛАНСТВО У СТРУЧНИМ И НАУЧНИМ АСОЦИЈАЦИЈАМА

Кандидат др Тијана Ђукић је члан следећих научних удружења:

- Српског друштва за рачунску механику
- Српског друштва за механику

## 7. ПОКАЗАТЕЉИ УСПЕХА У НАУЧНОМ РАДУ

### 7.1 Чланства у уређивачким одборима часописа, уређивање монографија, рецензије научних радова и пројеката

Кандидат др Тијана Ђукић редовно рецензира научне радове за следеће часописе са JCR-SCI листе:

- Biomechanics and Modeling in Mechanobiology (ISSN 1617-7959; IF=2.829; **M21**) - 3 рецензирана рада
- Biomedical Signal Processing and Control (ISSN 1746-8094; IF=2.943; **M21**) - 4 рецензирана рада
- IEEE Transactions on Biomedical Engineering (ISSN 0018-9294; IF=4.491; **M21**) - 1 рецензирани рад
- Computer Applications in Engineering Education (ISSN 1061-3773; IF=1.435; **M22**) - 5 рецензираних радова
- OncoTargets and Therapy (ISSN 1178-6930; IF=2.656; **M22**) - 2 рецензирана рада
- Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part H: Journal of Engineering in Medicine (ISSN 0954-4119; IF=1.124; **M23**) - 2 рецензирана рада

Кандидат је рецензирао и радове за национални часопис:

- Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics - 3 рецензирана рада

## 8. КВАЛИТЕТ НАУЧНИХ РЕЗУЛТАТА

### 8.1 Позитивна цитираност кандидатових радова

Укупан број цитата научних радова др Тијане Ђукић је:

- 54 - извор Web of Science; H-индекс 4
- 66 - извор Scopus; H-индекс 5

Досадашњи остварени број цитата радова кандидата недвосмислено указује да кандидат објављује радове који прате светске трендове и правце развоја у области интересовања и научног рада.

### 8.2 Углед и утицајност публикација у којима су објављени кандидатови радови

У меродавном изборном периоду (24.12.2015.-2019.) кандидат др Тијана Ђукић објавила је укупно 21 референцу, од којих је седам радова у врхунским међународним часописима категорије M21. Просечан фактор утицаја часописа у којима је кандидат објавио радове је **3,536** (остварени максимум је **4,259**), што представља изузетно висок резултат у домену надлежности МНО за електронику, телекомуникације и информационе технологије.

Поред ових значајних научноистраживачких резултата на међународном нивоу, остварених у меродавном изборном периоду, кандидат је објавио једно поглавље у монографији M11, једно техничко решење примењено на међународном нивоу M81, једно техничко решење примењено на националном нивоу M82, 10 радова на конференцијама међународног значаја M33 и један рад у часопису националног значаја M53.

Распоред поена по типу публикације за целу научну каријеру се може видети у Табели 5, где је такође приказан и укупан број радова по типу публикације. Распоред поена по типу публикације у периоду меродавном за избор у звање виши научни сарадник сумиран је у Табели 6, где је такође приказан и укупак број радова по типу публикације. Анализом ових табела може се уочити да је највећи број поена остварен у категорији M20 – 56 поена, па онда у категорији M80 – 14 поена, у категорији M30 – 10 поена.

**Табела 5.** Број радова и број поена по типу публикације за целу научну каријеру

Тип публикације (M)	M10	M20	M30	M50	M70	M80
Број радова	2	15	21	5	1	2
Број поена	22	99	21,5	5	6	14

**Табела 6.** Број радова и број бодова по типу публикације у периоду меродавном за избор у звање виши научни сарадник

Тип публикације (M)	M10	M20	M30	M50	M70	M80
Број радова	1	7	10	1	-	2
Број поена	7	56	10	1	-	14

У Табели 7 дати су појединачни и збирни број радова из категорије M20, у периоду до стицања претходног научног звања научни сарадник, у периоду меродавном за избор у звање виши научни сарадник, као и за целу научну каријеру. Анализом података у овој табели евидентна је растућа тенденција квалитета публикованих радова M20.

**Табела 7.** Број радова из категорије M20

Временски период	M21	M22	M23	Број радова
До стицања претходног научног звања научни сарадник	3	2	3	8
За избор у звање виши научни сарадник	7	-	-	7
За целу научну каријеру	10	2	3	15

### 8.3 Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

Сви радови кандидата су из области нумеричких симулација и/или сложених експерименталних истраживања у техничко-технолошким и биотехничким наукама.

Анализа свих публикованих радова током целе научне каријере показује да се др Тијана Ђукић појављује као први или други аутор на **76,09%** од укупног броја објављених радова, (**54,35%** као први аутор и **21,74%** као други аутор). У претходном изборном периоду (до стицања звања научни сарадник), кандидат се појављивао као први или други аутор на **60%** од укупног броја објављених радова, (**30%** као први аутор и **30%** као други аутор). Анализа радова публикованих у меродавном изборном периоду показује да се кандидат појављује као први или други аутор на **90,47%** од укупног броја објављених радова, (**80,95%** као први аутор и **9,52%** као други аутор).

Узимајући све наведене чињенице у обзир, може да се закључи да је кандидат показао изузетно висок степен самосталности у научноистраживачком раду.

## 9. МЕЂУНАРОДНА НАУЧНА САРАДЊА

Као што је већ наведено у одељку 5, кандидат др Тијана Ђукић је до сада била ангажована на десет међународних пројеката. Као резултат сарадње са истраживачима из других истраживачких центара на наведеним међународним пројектима, проистекле су бројне публикације. Анализом радова кандидата, може се установити да су истраживачи из

међународних истраживачких центара коаутори на **32,61%** од укупног броја радова током целе научне каријере, односно на **38,1%** од броја радова у периоду меродавном за избор у звање виши научни сарадник.

## **10. ОЦЕНА КОМИСИЈЕ О НАУЧНОМ ДОПРИНОСУ КАНДИДАТА СА ОБРАЗЛОЖЕЊЕМ**

Др Тијана Ђукић својим досадашњим радом показала је да поседује компетентност, креативност и стручност за научноистраживачки рад. Кандидат је током свог научноистраживачког рада користио нумеричке методе из области механике и инжењерства и успешно их применио у биомедицини. Комисија истиче да је кандидат у току свог научноистраживачког рада посебан допринос дао у:

- Развоју метода и алгоритама за нумеричко моделирање кретања крутих и деформабилних тела у флуиду
- Паралелизацији и оптимизацији програма за извршавање на графичким картицама и GPU уређајима
- Развоју метода и компјутерског софтвера за нумеричко моделирање процеса у вестибуларном систему човека
- Развоју метода и компјутерског софтвера за нумеричко моделирање имплантације стентова у деформабилним артеријама

У оквиру свог научноистраживачког рада, др Тијана Ђукић учествовала је на више домаћих и међународних истраживачких пројеката. Кандидат је коаутор једне књиге међународног значаја, једног поглавља у монографији међународног значаја, 20 радова у међународним и националним часописима, као 21 рада на међународним конференцијама, чиме је потврдила своју научно-стручну компетентност. Од 5 најзначајнијих научних радова у којима је доминантан допринос кандидата др Тијане Ђукић у периоду меродавном за избор у звање виши научни сарадник, публиковано је пет радова у врхунским међународним часописима (M21), који сви имају импакт фактор (IF) преко 3,2.

## ЗАКЉУЧАК

Анализом и вредновањем постигнутих резултата кандидата у меродавном изборном периоду за избор у звање виши научни сарадник (након одлуке Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, бр. 01-1/5020-12 од 24.12.2015. године о предлогу за стицање претходног научног звања научни сарадник), Комисија је констатовала следеће квантитативне показатеље:

		Неопходно	Неопходно за убрзано напредовање (члан 34 Правилника)	Остварено
<b>Виши научни сарадник</b>	Укупно	50	75	<b><u>88</u></b>
Обавезни (1)	M10+M20+M31+M32+M33+ M41+M42+M51+ M80+M90+M100	40	60	<b><u>87</u></b>
Обавезни (2)	M21+M22+M23+ M81-83+M90-96+ M101-103+M108	22	33	<b><u>70</u></b>
Обавезни (2)* <sup>1</sup>	M21+M22+M23	11	16,5	<b><u>56</u></b>
Обавезни (2)* <sup>2</sup>	M81-83+M90-96+ M101-103+M108	7	10,5	<b><u>14</u></b>

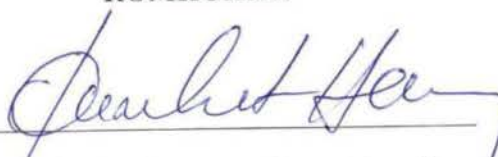
Комисија је утврдила да је од првог стицања претходног научног звања научни сарадник прошло више од три године (кандидат је изабран одлуком Комисије за стицање научних звања Министарства просвете, науке и технолошког развоја, бр. 660-01-00001/37 од 26.10.2016. године), као и да кандидат испуњава за једну половину више минималних квантитативних резултата, као и квалитативне услове предвиђене за избор у звање, што је прописано чланом 34 Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача.

На основу детаљне анализе научноистраживачког рада и вредновања квалитета објављених радова, Комисија за избор др Тијане Ђукић, мастер инжењера машинства, научног сарадника, констатује да кандидат **испуњава све услове** дефинисане Законом о научноистраживачкој делатности и Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача за **избор** у звање **виши научни сарадник** и предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу да изабере именовану у звање **виши научни сарадник**.

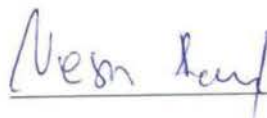
У Крагујевцу,

14.01.2020. године

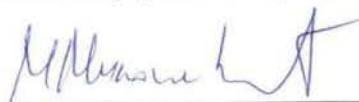
**КОМИСИЈА:**



**др Ненад Филиповић, ред. проф.**  
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу  
Научне области: Примењена механика,  
примењена информатика и рачунарско инжењерство



**др Весна Ранковић, ред. проф.**  
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу  
Научне области: Аутоматика и мехатроника,  
Примењена информатика и рачунарско инжењерство



**др Миљан Милошевић, ванр. проф.**  
Универзитет Метрополитан, Београд  
Научна област: Рачунарске науке

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

РЕЗИМЕ ИЗВЕШТАЈА О КАНДИДАТУ ЗА СТИЦАЊЕ НАУЧНОГ ЗВАЊА

I. Општи подаци о кандидату

Име и презиме: **Тијана Ђукић**

Година рођења: **1988.**

ЈМБГ: **0104988725021**

Назив институције у којој је кандидат стално запослен: **Институт за информационе технологије, Универзитет у Крагујевцу, Крагујевац**  
Дипломирао-ла: **2012. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу**

Матистрирао-ла: -

Докторирао-ла: **2015. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу**

Постојеће научно звање: **Научни сарадник**

Научно звање које се тражи: **Виши научни сарадник**

Област науке у којој се тражи звање: **Техничко-технолошке науке**

Грана науке у којој се тражи звање: **Рачунарство и информатика**

Научна дисциплина у којој се тражи звање: **Примењена информатика и Рачунарско инжењерство**

Назив научног матичног одбора којем се захтев упућује: **Матични научни одбор за електронику, телекомуникације и информационе технологије**

II. Датум избора-реизбора у научно звање:

Научни сарадник: 26.10.2016.

III. Научно-истраживачки резултати (прилог 1 и 2 правилника)

1. Монографије, монографске студије, тематски зборници, лексикографске и картографске публикације међународног значаја (уз доношење на увид) (M10):

	број	вредност	укупно
M11=			
M12=			
M13=	1	7	7

M14=  
 M15=  
 M16=  
 M17=  
 M18=

2. Радови објављени у научним часописима међународног значаја (M20):

	број	вредност	укупно
M21=	7	8	56
M22=			
M23=			
M24=			
M25=			
M26=			
M27=			
M28=			

3. Зборници са међународних научних скупова (M30):

	број	вредност	укупно
M31=			
M32=			
M33=	10	1	10
M34=			
M35=			
M36=			

4. Националне монографије, тематски зборници, лексикографске и картографске публикације националног значаја; научни преводи и критичка издања грађе, библиографске публикације (M40):

	број	вредност	укупно
M41=			
M42=			
M43=			
M44=			
M45=			
M46=			
M47=			
M48=			
M49=			

5. Часописи националног значаја (M50):

	број	вредност	укупно
M51=			



M52=			
M53=	1	1	1
M54=			
M55=			
M56=			

## 6. Зборници скупова националног значаја (M60):

	број	вредност	укупно
M61=			
M62=			
M63=			
M64=			
M65=			
M66=			

## 7. Магистарске и докторске тезе (M70):

	број	вредност	укупно
M71=			
M72=			

## 8. Техничка и развојна решења (M80):

	број	вредност	укупно
M81=	1	8	8
M82=	1	6	6
M83=			
M84=			
M85=			
M86=			

## 9. Патенти, ауторске изложбе, тестови (M90):

	број	вредност	укупно
M91=			
M92=			
M93=			

## IV. Квалитативна оцена научног доприноса (прилог 1 правилника):

## 1. Показатељи успеха у научном раду:

(Награде и признања за научни рад додељене од стране релевантних научних институција и друштава; уводна предавања на научним конференцијама и друга

предавања по позиву; чланства у одборима међународних научних конференција; чланства у одборима научних друштава; чланства у уређивалким одборима часописа, уређивање монографија, рецензије научних радова и пројеката)

Кандидат др Тијана Ђукић је:

- члан Српског друштва за рачунску механику
- члан Српског друштва за механику

Кандидат др Тијана Ђукић редовно рецензира научне радове за следеће часописе са JCR-SCI листе:

- Biomechanics and Modeling in Mechanobiology (ISSN 1617-7959; IF=2.829; **M21**) - **3** рецензирана рада
- Biomedical Signal Processing and Control (ISSN 1746-8094; IF=2.943; **M21**) - **4** рецензирана рада
- IEEE Transactions on Biomedical Engineering (ISSN 0018-9294; IF=4.491; **M21**) - **1** рецензирани рад
- Computer Applications in Engineering Education (ISSN 1061-3773; IF=1.435; **M22**) - **5** рецензираних радова
- OncoTargets and Therapy (ISSN 1178-6930; IF=2.656; **M22**) - **2** рецензирана рада
- Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part H: Journal of Engineering in Medicine (ISSN 0954-4119; IF=1.124; **M23**) - **2** рецензирана рада

Кандидат је рецензирао и радове за национални часопис:

- Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics - **3** рецензирана рада

## ***2. Ангажованост у развоју услова за научни рад, образовању и формирању научних кадрова:***

(Допринос развоју науке у земљи; менторство при изради мастер, магистарских и докторских радова, руковођење специјалистичким радовима; педагошки рад; међународна сарадња; организација научних скупова)

### ***2.1 Учесће у међународној сарадњи***

Др Тијана Ђукић је до сада била ангажована на већем броју међународних истраживачких пројеката. У наставку следи листа пројеката на којима је учествовала:

1. Европски пројекат: Parallel blood flow simulation, PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) Preparatory Access Type B 10th call (15/10/12 – 15/04/13), Руководилац пројекта проф. др Ненад Филиповић
2. Европски пројекат: Computer modeling in biomedical engineering, PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) DEC1-11 call Tier-1 (01/11/13 – 31/10/14), Руководилац пројекта проф. др Ненад Филиповић
3. Оквирни пројекат: FP7 – Large-scale Integrating Project (IP), ICT IP-224297 – ARTreat: Multi-level patient-specific artery and atherogenesis model for outcome prediction, decision support treatment, and virtual hand-on training (09/01/08 – 8/31/12), Координатор за Србију др Ненад Филиповић, редовни професор
4. Међународни пројекат: Modeling of Blood Microcirculation, Margination and Endocytosis of Particles, The University of Texas Health Science Center at Houston, USA, (10/01/08 – 10/31/12), Координатор за Србију др Ненад Филиповић, редовни професор
5. COST Action: Action MP1005 NAMABIO - From nano to macro biomaterials (design, processing, characterization, modeling) and applications to stem cells regenerative orthopedic and dental medicine (14/04/11 – 13/04/15), Sponsoring organization: European Cooperation in Science and Technology, Руководилац пројекта за Србију др Ненад Филиповић, редовни професор
6. COST Action: Action CA16122 BIONECA - Biomaterials and advanced physical techniques for regenerative cardiology and neurology, Sponsoring organization: European Cooperation in Science and Technology, Руководилац пројекта за Србију др Ненад Филиповић, редовни професор
7. Scientific Project: IP:Z74Z0\_137357 – Computational modeling of blood flow in the tumor vasculature (01/06/12 – 30/05/15), Координатори пројекта: Prof. Curzio Rüegg, University of Fribourg, Switzerland and Prof. Nenad Filipovic, University of Kragujevac, Serbia.
8. Scientific Project: JRP:IZ73Z0\_152454/1 – Role of blood flow and SD-1/CXXR4-induced recruitment of mononuclear cells in intussusceptive angiogenesis (01/09/14 – 30/08/17), Координатори пројекта: Prof. Valentin Djonov, University of Bern, Switzerland, Assoc. Prof. Ivanka Dimova, University of Sofia, Bulgaria, and Prof. Vladislav Volarevic, University of Kragujevac, Serbia.
9. Оквирни пројекат: FP7 – ICT-2013-10 – 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 (01/12/13 – 30/11/16), Координатор за Србију др Ненад Филиповић, редовни професор
10. Међународни пројекат: H2020 - PHC-2015-single-stage – SMARTool: Simulation Modeling of coronary ARtery disease: a tool for clinical decision support (01/01/16-30/06/19), Координатор за Србију др Ненад Филиповић, редовни професор

### **3. Организација научног рада:**

(Руковођење пројектима, потпројектима и задацима; технолошки пројекти, патенти, иновације и резултати примењени у пракси; руковођење научним и стручним друштвима; значајне активности у комисијама и телима Министарства за науку и

технолошки развој и телима других министарстава везаних за научну делатност; руковођење научним институцијама)

### *3.1 Учешће на пројектима ресорног министарства*

- Национални пројекат ОИ-174028, финансиран од стране Министарства за науку и технолошки развој, 2011-2014, *Методe моделирања на више скала са применама у биомедицини*. Руководилац пројекта проф. др. Милош Којић. Носилац истраживања Истраживачко – развојни центар за биоинжењеринг, БиоИРЦ, Крагујевац

### *3.2 Руковођење пројектним задацима*

Кандидат је успешно руководио пројектним задацима у оквиру следећих пројеката:

- Пројектни задатак: “Parallelization of the in-house developed software LBSolver, for the simulation of blood flow on the PRACE architecture”; Европски пројекат: Parallel blood flow simulation, PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) Preparatory Access Type B 10th call (15/10/12 – 15/04/13), Руководилац пројекта проф. др Ненад Филиповић
- Пројектни задатак: “Adaptation of the in-house developed software LBSolver, for the execution on the multi-GPU cluster of the PRACE architecture”; Европски пројекат: Computer modeling in biomedical engineering, PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) DECI-11 call Tier-1 (01/11/13 – 31/10/14), Руководилац пројекта проф. др Ненад Филиповић
- Пројектни задатак: “Validating the developed numerical model against clinical data”; Међународни пројекат: H2020 - PHC-2015-single-stage – SMARTool: Simulation Modeling of coronary ARtery disease: a tool for clinical decision support (01/01/16-30/06/19), Координатор за Србију др Ненад Филиповић, редовни професор

## **4. Квалитет научних резултата:**

(Утицајност; параметри квалитета часописа и позитивна цитираност кандидатових радова; ефективни број радова и број радова нормиран на основу броја коаутора; степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству; допринос кандидата реализацији коауторских радова; значај радова)

### *4.1 Цитираност објављених радова*

Укупан број цитата научних радова др Тијане Ђукић је:

- 54 - извор Web of Science; H-индекс 4

- 66 - извор Scopus; H-индекс 5

#### *4.2 Углед и утицајност публикација у којима су објављени кандидатови радови*

У меродавном изборном периоду (24.12.2015.-2019.) кандидат др Тијана Ђукић објавила је укупно 21 референцу, од којих је седам радова у врхунским међународним часописима категорије M21. Просечан фактор утицаја часописа у којима је кандидат објавио радове је **3,536** (остварени максимум је **4,259**), што представља изузетно висок резултат у домену надлежности МНО за електронику, телекомуникације и информационе технологије.

Поред ових значајних научноистраживачких резултата на међународном нивоу, остварених у меродавном изборном периоду, кандидат је објавио једно поглавље у монографији M11, једно техничко решење примењено на међународном нивоу M81, једно техничко решење примењено на националном нивоу M82, 10 радова на конференцијама међународног значаја M33 и један рад у часопису националног значаја M53.

#### *4.3 Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству*

Сви радови кандидата су из области нумеричких симулација и/или сложених експерименталних истраживања у техничко-технолошким и биотехничким наукама.

Анализа свих публикованих радова током целе научне каријере показује да се др Тијана Ђукић појављује као први или други аутор на 76,09% од укупног броја објављених радова, (54,35% као први аутор и 21,74% као други аутор). У претходном изборном периоду (до стицања звања научни сарадник), кандидат се појављивао као први или други аутор на 60% од укупног броја објављених радова, (30% као први аутор и 30% као други аутор). Анализа радова публикованих у меродавном изборном периоду показује да се кандидат појављује као први или други аутор на 90,47% од укупног броја објављених радова, (80,95% као први аутор и 9,52% као други аутор).

Узимајући све наведене чињенице у обзир, може да се закључи да је кандидат показао изузетно висок степен самосталности у научноистраживачком раду.

#### *4.3 Анализа и значај објављених радова*

У току свог научноистраживачког рада кандидат др Тијана Ђукић дала је посебан допринос:

- Развоју метода и алгоритама за нумеричко моделирање кретања крутих и деформабилних тела у флуиду

- Паралелизацији и оптимизацији програма за извршавање на графичким картицама и GPU уређајима
- Развоју метода и компјутерског софтвера за нумеричко моделирање процеса у вестибуларном систему човека
- Развоју метода и компјутерског софтвера за нумеричко моделирање имплантације стентова у деформабилним артеријама

Резултати истраживачких активности кандидата верификовани су објављеним радовима у међународним и домаћим научним часописима, као и саопштењима на међународним и домаћим научним скуповима.

У оквиру поглавља у монографији [1] моделирано је кретање циркулишућих канцер ћелија кроз микрофлуидни чип за сепарацију канцер ћелија. Ова студија се ослања на претходно публикован рад кандидата и у њој се користи комплексан нумерички модел који симулира интеракцију између појединачних канцер ћелија са околним флуидом, као и деформацију канцер ћелија током кретања у комплексном домену. Развијени нумерички модел има велику примену у разумевању процеса који се дешавају унутар микрофлуидног чипа за сепарацију ћелија. У поглављу је показано да се овај модел може користити за приликом дизајнирања микрофлуидних чипова и анализу њихове ефикасности. Наиме, коришћењем нумеричких симулација могуће је унапредити постојећи дизајн чипа и прецизно одредити најоптималније параметре који обезбеђују највећу ефикасност, без потребе за скупим и дуготрајним експериментима. Резултати нумеричких симулација су упоређени са експерименталним резултатима да би се потврдила тачност методе.

Један део научноистраживачког рада кандидата је везан за моделирање процеса унутар кардиоваскуларног система посебне врсте рибе, тзв. зебра рибе. Ова врста је погодна за експериментално испитивање, а карактеристике кардиоваскуларног система имају доста сличности са људским системом. У оквиру рада [2] експериментално су праћени одређени хемодинамички параметри у оквиру крвних судова живих одраслих јединки зебра рибе (лат. *in-vivo*), као и промене тих параметара услед убризгавања одређених лекова који утичу на кардиоваскуларни систем. Добијени експериментални резултати су потврђени кроз нумеричке симулације методом коначних елемената. У раду [6] анализирани су процеси настанка нових крвних судова у венском систему зебра рибе током ембрионалног развоја јединки у реалном времену. Наиме, ембриони зебра риба су мали и оптички транспарентни, па је могуће снимати струјање крви. На тај начин се прати анатомија крвних судова током циркулисања крви, док се истовремено ембрион даље развија. И у овом раду [6] су праћени хемодинамички параметри током експеримената на живим јединкама (лат. *in-vivo*). Подаци који су добијени у нумеричким симулацијама струјања крви кроз комплексну мрежу крвних судова која је добијена са експерименталних снимака су се показали као веома значајни, јер је тиме потврђено да је главни покретач настанка нових крвних судова управо циркулација

крви. Коришћењем симулација утврђена су места на којима долази до пада смичућег напона на зидовима и потом је поређењем утврђено да управо на тим местима долази до стварања нових грана. Слични експериментални подаци су коришћени и у раду [4] где је праћено кретање појединачних црвених крвних зрнаца кроз репни венски систем зебра рибе. Комплексни нумерички модел који је развио кандидат је коришћен да би се моделирало кретање ових деформабилних ћелија. Резултати нумеричких симулација су поређени са експерименталним снимцима у једном сегменту репа зебра рибе и добро поклапање облика крвног зрнаца је показало да се развијени нумерички модел може користити за предвиђање и анализу кретања и деформације крвних зрнаца у комплексним доменима. Овакав модел може имати велику примену, јер је анализа облика и динамике кретања црвених крвних зрнаца једно од важних питања који се изучавају у физиологији и биомеханици. Такође, још једна додатна предност развијеног нумеричког модела је у томе што је потпуно паралелизован. Захваљујући посебним техникама паралелизације које су описане у [10], могуће је покретати комплексне нумеричке симулације на графичким картицама и GPU уређајима (енг. graphics processing units) и на тај начин је обезбеђено да се прорачуни знатно брже извршавају. Симулације струјања крви за које би иначе било потребно неколико сати, применом паралелизованог софтвера извршавају се за неколико минута.

Други део научноистраживачког рада кандидата се односи на симулације процеса у оквиру вестибуларног система човека. У вестибуларном систему постоје три семициркуларна канала, испуњена течностима која се назива ендолимфа. У сваком каналу на једном крају постоји мембрана (купула) која се деформише услед кретања ендолимфе и која је задужена за регистровање ротација главе. Услед поремећаја вестибуларног система, долази до појаве комадића калцијум карбоната, односно тзв. честица отоконија. Ове честице доводе до пертурбације струјања ендолимфе и до додатних деформација купуле, што даље доводи до поремећаја система равнотеже. Овај поремећај се назива бенигна пароксизмална позициона вртоглавица. Егзактно праћење кретања отоконија у људском организму је очигледно готово немогуће. Због тога није могуће детаљно објаснити појаве до којих долази код поменутих поремећаја. Самим тим, закључци о овом поремећају до којих је могуће доћи кроз клиничка испитивања и експерименте су прилично ограничени. Нумеричке симулације се могу врло успешно користити за анализу овог феномена. Коришћењем нумеричких симулација, могуће је анализирати утицај различитих параметара и извести закључке о утицају отоконија на деформацију купуле. У раду [5] представљен је нумерички модел који симулира све поменуте процесе у једном идеализованом семициркуларном каналу. Нумерички модел укључује моделирање тродимензионалног струјања ендолимфе (применом модификоване lattice Boltzmann методе), слободног кретања отоконија, деформације купуле (применом линеарно еластичног модела) и међусобну интеракцију свих ових ентитета (применом ИБМ методе (енг. immersed boundary method)). У симулацији је праћено кретање честице отоконија и добијени резултати су поређени са другим резултатима из литературе, да би се извршила верификација представљеног модела.

Овај нумерички модел је имплементиран у оквиру софтвера који се може користити за праћење кретања честице отоконија и деформације мембране у реалном времену и овај софтвер је приказан у раду [11]. Приликом имплементације овог софтвера коришћене су технике паралелизације које су омогућиле да се применом GPU уређаја прорачуни драстично убрзају. Коришћене технике паралелизације су представљене у раду [19].

Нумерички модел је унапређен у раду [8], тако да је омогућено праћење више честица отоконија, као и њихова међусобна интеракција применом ДЕМ методе (енг. discrete element method). Такође, интеракција честица са зидом је моделирана коришћењем прецизније израчунате лубрикационе силе. У овом раду [8] је моделирано струјање ендолимфе и кретање честица кроз реалну геометрију, добијену за одређеног пацијента. Резултати симулација су поново поређени са другим релевантним резултатима из литературе. Добро поклапање резултата које је добијено потврдило је да се развијени нумерички модел може успешно користити за симулирање феномена у оквиру вестибуларног система.

Кандидат се и раније током научноистраживачког рада бавио моделирањем понашања канцера, како на ћелијском, тако и на нивоу ткива. У току меродавног изборног периода, кандидат је унапредио претходно развијени нумерички модел у раду [3], тако да је могуће детаљније анализирати понашање ћелија под утицајем електромагнетног поља. У новом моделу је укључен већи број параметара нумеричког модела који су процењивани на основу експерименталних података применом посебних техника естимације. У оквиру експеримента коришћено је више канцер ћелијских линија, као и здраве хумане контролне ћелије. Експериментом је одређен број живих ћелија у временском периоду од 72 сата, са подацима о броју ћелија у више временских тренутака. Основни циљ експеримената је да се утврди како електромагнетно поље различите волтаже утиче на ћелијске линије, као и да се одреди оптимална волтажа која ће да допринесе убијању канцер ћелија, а да при томе што мање оштети здраве ћелије. Спроведене су и нумеричке симулације, које су додатно потврдиле експерименталне резултате. Такође, нумеричке симулације су пружиле и додатне квантитативне податке о ћелијским линијама, које није било могуће утврдити експериментално.

Још једно унапређење поменутог нумеричког модела представљено је у раду [17]. Ефекат простирања електричног поља кроз домен са ћелијама, као и кроз ћелијску мембрану је посебно анализиран, да би се потом тај ефекат прецизније описао и укључио у постојећи модел за предвиђање понашања канцер ћелија током времена. Поново су експериментално испитиване три канцер ћелијске линије, чије је понашање праћено током времена. Контролне ћелијске линије, које нису третиране електромагнетним пољем, су коришћене за естимацију одређених параметара нумеричког модела. Потом је предвиђано понашање ћелија под дејством електромагнетног поља и поређене су вредности броја живих ћелија током времена са експерименталним подацима. Добијено је добро поклапање резултата и тиме је



показано да се развијени нумерички модел може успешно користити за предвиђање понашања канцер ћелија и боље планирање експеримената.

Трећи део научноистраживачког рада кандидата се односи на симулације имплантације стента у артерије пацијента. Имплантација стента је један од клиничких третмана атеросклерозе, односно стенозичних крвних судова. Стент је цилиндричног облика, направљен од метала и убацује се у запушени крвни суд. На одређеном месту, он се шири, притом вршећи и деформацију зида крвног суда и на тај начин се обезбеђује нормализација протока крви. Међутим, постоји много параметара на које треба обратити пажњу током имплантације стента, као што су величина стента, облик, проценат ширења итд. У реалним клиничким условима веома је тешко пратити све ове параметре и предвидети исход самог третмана. Зато се могу користити нумеричке симулације. Циљ научноистраживачког рада кандидата у овом сегменту је био да развије нумерички модел који ће омогућити праћење деформације стента и зида артерије током трајања процеса имплантације. У свим симулацијама као модели артерија су коришћене реалне артерије, добијене за конкретне пацијенте, на основу клиничких података доступних у оквиру међународног пројекта SMARTool. Једноставни почетни нумерички модел представљен је у раду [12]. Овај модел омогућава симулацију ширења стента у крутој артерији, као и у деформабилној артерији која је моделирана са поједностављеним нумеричким моделом. Овакве симулације су компјутерски веома захтевне и дуготрајне. Због тога је приликом имплементације нумеричког модела посебна пажња посвећена техникама паралелизације. И у овом сегменту свог научноистраживачког рада кандидат је користио технике програмирања за GPU уређаје. Развијени софтвер користи модерну графичку картицу рачунара да би се резултати прорачуна пратили у реалном времену. Предности оваквог приступа и добијена убрзања су представљена у раду [12].

Нумерички модел је потом унапређен, тако да је зид артерије моделиран применом методе коначних елемената. Такође, у оквиру овог модела су узете у обзир велике деформације и велика померања зида артерије што је омогућило већу тачност симулација. Коначни нумерички модел садржи три сегмента: моделирање ширења стента, моделирање деформације артерије и моделирање интеракције ова два ентитета. Коришћењем ових симулација могуће је одредити облике стента и артерије током целог процеса имплантације. Код нумеричких модела имплантације стента веома је значајно анализирати могућности модела код артерија са већим сужењима, јер су такви случајеви клинички најзначајнији. Развијени нумерички модел се веома успешно може користити у таквим случајевима. Резултати нумеричких симулација имплантације стента за једног конкретног пацијента, са веома великим сужењем крвног суда су представљени у раду [14].

Развијени нумерички модел је детаљно представљен у раду [7]. У овом раду су презентовани и резултати добијени за конкретне клиничке пацијенте. За ове пацијенте постоје клинички подаци о облику коронарне артерије пре и после третмана

имплантације стента. Валидација нумеричког модела је приказана у раду [7], тако што су поређени попречни пресеци артерије добијени на основу клиничких података са подацима из нумеричке симулације и добијено је одлично поклапање резултата, са израчунатом стандардном девијацијом од око 5%.

Још једна велика предност нумеричких симулација коришћењем развијеног модела је што је могуће квантитативно описати стање артерије и стента током имплантације. Ови подаци, као што су брзина струјања крви, смичући напон у зиду крвног суда и други хемодинамички параметри, су корисни јер их није могуће добити током самог клиничког третмана. Главни исход третмана имплантације стента је нормализован проток у третираном крвном суду. Због тога је након имплантације битно проверити колико се променило струјање крви кроз разматрани крвни суд. Резултати нумеричке симулације имплантације стента применом развијеног нумеричког модела, као и резултати струјања крви пре и после третмана применом lattice Boltzmann методе су представљени у раду [13]. У раду [16] приказане су вредности унутрашњег напона у зиду артерије, који је изазван деформацијом зида током читавог процеса имплантације.

Развијени нумерички модел имплантације стента је такође коришћен за моделирање истовремене имплантације више стентова у стенотичним коронарним артеријама и ти резултати су представљени у раду [18].

Процес атеросклерозе се дешава постепено и настанак плака је такође могуће нумерички симулирати. У раду [15] представљени су резултати нумеричких симулација за предвиђање концентрације плака у левој коронарној артерији за једног конкретног пацијента. Резултати симулација су поређени са клинички добијеним подацима и добро поклапање резултата је показало добру тачност нумеричког модела.

Добро поклапање резултата добијено током верификације развијеног нумеричког модела доказује да се овај модел може успешно користити за детаљну анализу комплетног процеса имплантације стента, укључујући облике стента и артерије током третмана, као и друге квантитативне параметре стања зида артерије. Такође, овакве симулације омогућавају адаптацију параметара као што су дужина, пречник, облик и тачан положај стента у артерији који ће обезбедити боље позиционирање стента, а самим тим и највећу ефикасност третмана. Развијени софтвер који омогућава извршавање симулација у реалном времену представља користан алат који се може користити у клиничкој пракси да би се прецизно предвидео коначан исход имплантације стента и да би се помогло у бољем преоперативном планирању третмана за сваког конкретног пацијента.

Техничко решење [20] се односи на област информационих технологија, а примењује се у медицини. У оквиру овог техничког решења приказан је нумерички модел који омогућава моделирање процеса вестибуларног лавиринта код човека у реалном времену. Комплексни нумерички модел се састоји из више делова - моделирања тродимензионалног струјања флуида (ендолимфе), моделирања слободног кретања

плутајућих честица (отоконија) унутар флуида, моделирања деформације мембране (купуле) и моделирања интеракције свих ових ентитета применом технике јаког спрезања. Резултати добијени применом овог нумеричког модела су поређени са резултатима из литературе, у циљу верификације самог модела и ови резултати су презентовани у већ анализираном раду кандидата [5]. У оквиру поменутог рада кандидата [5], коришћена је поједностављена геометрија, док је у овом техничком решењу [20] коришћена и реална геометрија лавиринта добијена за конкретног пацијента. Такође, унапређен је и део нумеричког модела који се односи на моделирање кретања више плутајућих честица истовремено.

У оквиру овог техничког решења представљен је и софтвер који представља имплементацију нумеричког модела и који омогућава извршавање симулације и визуелизацију кретања свих ентитета у реалном времену. Имплементација софтвера је урађена у програмском језику C++, уз коришћење OpenGL технологије за визуелизацију. Приликом имплементације посебна пажња посвећена је техникама паралелизације, софтвер је прилагођен за извршавање на рачунару са NVIDIA графичком картицом и на овај начин је омогућено да се резултати симулације могу пратити у реалном времену.

Коришћењем развијеног софтвера и нумеричких симулација помоћу њега могуће је добити нове информације потребне за анализу и објашњење појава унутар лавиринта унутрашњег ува. Бенигна пароксизмална позициона вртоглавица је поремећај вестибуларног система који је проузрокован плутајућим честицама калцијум карбоната унутар полукружног канала лавиринта. Тачан број, облик и величину ових честица није могуће одредити, могуће је само пратити реакцију вестибуларног система пацијента на померање главе. Коришћењем нумеричког модела и софтвера који је приказан у овом техничком решењу, могуће је анализирати утицај различитог броја честица, као и њихових димензија, на деформацију купуле, а самим тим и на одзив вестибуларног система. На тај начин могуће је одредити стање унутар лавиринта које је проузроковало клиничке симптоме које пацијент има. Такође, може се предвидети реакција пацијента на неке маневре пре самог третмана.

Софтвер и нумерички модел у оквиру овог техничког решења омогућавају креирање персонализованог модела, који омогућава бољи третман пацијената са поменутим поремећајем, јер се симптоми могу много боље објаснити и анализирати, а затим се и начин лечења може испланирати у складу са специфичним симптомима. Због свега наведеног, развијени софтвер се може користити као помоћни алат у дијагностици и планирању третмана у клиничкој пракси.

И техничко решење [21] се односи на област информационих технологија и примењује се у медицини. Развијен је систем за компјутерско праћење и мерење нивоа рест радиоактивности у телу пацијената у реалном времену, током њихове хоспитализације након третмана високим дозама радиоактивног јода, у посебним просторијама које су ограниченог приступа. У првој фази развоја овог техничког решења, развијен је

електронски систем који омогућава видео надзор просторије са ограниченим приступом у којој је смештен пацијент, као и електронско праћење виталних функција пацијента са дистанце, након третмана радиоактивним јодом. Овај систем је унапређен овим техничким решењем тако да омогућава и мерење нивоа радиоактивности у реалном времену током целог периода хоспитализације. Тестирана је стабилност, ефикасност и линеарност овог система и веома мала одступања од теоријских вредности само на самом почетку мерења доказала су да је систем стабилан и поуздан и да се успешно може користити у клиничкој пракси. Поред тога, у оквиру овог техничког решења [21] развијен је и додатни компјутерски софтвер који омогућава потпуну контролу рада хардверских компоненти, аутоматизацију процеса мерења и његово праћење. У развијени софтвер је укључено и предвиђање када ће ниво радиоактивности достићи дозвољену вредност и када пацијент може бити отпуштен са болничког лечења.

Развијени систем је безбедан, прецизан и лак за коришћење. Имплементацијом система у клиничкој пракси омогућена је рационалнија употреба болничких ресурса и смањење трошкова лечења радиоактивним јодом. Такође, овакав систем обезбеђује већу заштиту медицинског особља од претераног излагања јонизујућем зрачењу. Даљом применом развијеног система у клиничкој пракси, биће могуће и квантитативно одредити предности примене. Пре почетка примене овог система већ је постојала база одређеног броја пацијената који су примали терапију радиоактивним јодом. Може се упоредити дужина боравка на лечењу, количина утрошених ресурса и трошкови лечења ових пацијената са новим подацима који су добијени применом новог система, за различите почетне дозе радиоактивног јода и тада ће све предности бити још боље уочљиве.

## **V. Оцена комисије о научном доприносу кандидата са образложењем**

Др Тијана Ђукић својим досадашњим радом показала је да поседује компетентност, креативност и стручност за научноистраживачки рад. Кандидат је током свог научноистраживачког рада користио нумеричке методе из области механике и инжењерства и успешно их применио у биомедицини. Комисија истиче да је кандидат у току свог научноистраживачког рада посебан допринос дао у:

- Развоју метода и алгоритама за нумеричко моделирање кретања крутих и деформабилних тела у флуиду
- Паралелизацији и оптимизацији програма за извршавање на графичким картицама и GPU уређајима
- Развоју метода и компјутерског софтвера за нумеричко моделирање процеса у вестибуларном систему човека
- Развоју метода и компјутерског софтвера за нумеричко моделирање имплантације стентова у деформабилним артеријама

У оквиру свог научноистраживачког рада, др Тијана Ђукић учествовала је на више домаћих и међународних истраживачких пројеката. Кандидат је коаутор једне књиге међународног значаја, једног поглавља у монографији међународног значаја, 20 радова у међународним и националним часописима, као 21 рада на међународним конференцијама, чиме је потврдила своју научно-стручну компетентност. Од 5 најзначајнијих научних радова у којима је доминантан допринос кандидата др Тијане Ђукић у периоду меродавном за избор у звање виши научни сарадник, објављено је пет радова у врхунским међународним часописима (M21), који сви имају импакт фактор (IF) преко 3,2.

### ЗАКЉУЧАК

Анализом и вредновањем постигнутих резултата кандидата у меродавном изборном периоду за избор у звање виши научни сарадник (након одлуке Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, бр. 01-1/5020-12 од 24.12.2015. године о предлогу за стицање претходног научног звања научни сарадник), Комисија је констатовала следеће квантитативне показатеље:

		Неопходно	Неопходно за убрзано напредовање (члан 34 Правилника)	Остварено
<b>Виши научни сарадник</b>	Укупно	50	75	<b><u>88</u></b>
Обавезни (1)	M10+M20+M31+M32+M33+ M41+M42+M51+ M80+M90+M100	40	60	<b><u>87</u></b>
Обавезни (2)	M21+M22+M23+ M81-83+M90-96+ M101-103+M108	22	33	<b><u>70</u></b>
Обавезни (2)* <sup>1</sup>	M21+M22+M23	11	16,5	<b><u>56</u></b>
Обавезни (2)* <sup>2</sup>	M81-83+M90-96+ M101-103+M108	7	10,5	<b><u>14</u></b>

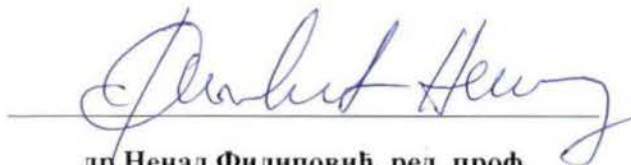
Комисија је утврдила да је од првог стицања претходног научног звања научни сарадник прошло више од три године (кандидат је изабран одлуком Комисије за стицање научних звања Министарства просвете, науке и технолошког развоја, бр. 660-01-00001/37 од 26.10.2016. године), као и да кандидат испуњава за једну половину више минималних квантитативних резултата, као и квалитативне услове предвиђене за избор у звање, што је прописано чланом 34 Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача.

На основу детаљне анализе научноистраживачког рада и вредновања квалитета објављених радова, Комисија за избор др Тијане Ђукић, мастер инжењера машинства, научног сарадника, констатује да кандидат **испуњава све услове** дефинисане Законом о научноистраживачкој делатности и Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача за **избор** у звање **виши научни сарадник** и предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу да изабере именовану у звање **виши научни сарадник**.

У Крагујевцу,

14.01.2020. године

**ПРЕДСЕДНИК КОМИСИЈЕ:**



**др Ненад Филиповић, ред. проф.**

Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу

Научне области: Примењена механика,

примењена информатика и рачунарско инжењерство