

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА  
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ

**Предмет:** Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата  
Александра Вуловић, мастер инжењера машинства

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-503/12 од 13.07.2023. године, на предлог Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу (одлука бр. 01-1/2306-10 од 06.07.2023. године), именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Александра Вуловић, мастер инжењера машинства, под насловом:

### „НУМЕРИЧКА И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА АНАЛИЗА УТИЦАЈА МОДИФИКОВАНЕ ПОВРШИНЕ ИМПЛАНТА НА ПРОЦЕС ЗАРАСТАЊА БУТНЕ КОСТИ“

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације и испуњености услова кандидата, која је одобрена за израду одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу бр. 01-1/4788-15 од 20.12.2018. године и одлуком Већа за техничко-технолошке науке бр. IV-04-16/7 од 23.01.2019. године, а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу следећи

# ИЗВЕШТАЈ

## 1. Опис докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата Александре Вуловић, под називом „**Нумеричка и експериментална анализа утицаја модификоване површине импланта на процес зарастања бутне кости**“, представља оригинално истраживање у ужој научној области Примењена механика.

Потражња за ортопедским помагалима је у константном порасту претходних година и деценија. Главни разлог се огледа у повећању очекиваног животног века, као и у повећању светске популације. Са старењем долази до појаве дегенеративних обољења, као што је артритис, који може изазвати хронични бол у куку и отежати кретање. У одмаклим фазама обољења, једини начин да се побољша квалитет живота је да се угради вештачки кук. Животни век бесцементних импланта зависи од јачине везе која је формирана између кости и импланта. Постоји много фактора који могу утицати на квалитет те везе, а један од њих је топографија површине импланта, што је и била главна тема дисертације кандидата. У оквиру дисертације приказана је методологија за нумеричку и експерименталну анализу топографија на површини импланта за кук. Сходно овоме је дефинисан предмет докторске дисертације, који представља примену нумеричких и експерименталних метода, неопходних за анализу импланта кука модификоване површине и његову интеракцију са бутном кости. Ова дисертација је за циљ имала да анализира утицај полуцилиндричних топографија, на површини импланта, на напон смицања на месту контакта импланта и бутне кости.

Први део дисертације је представио теоријске основе анализираног проблема, укључујући опис анатомије и биомеханике зглоба кука, као и процес зарастања кости. Посебан осврт је дат на импланте за кук, различите типове фиксације импланта који се користе, као и различите материјале, од којих се импланти израђују. На крају првог дела дисертације описани су начини, на основу којих је могуће креирати модификацију на површини импланта. При томе је фокус био на методи електронског снопа, која је коришћена за израду физичких модела у оквиру ове дисертације.

Други део дисертације је везан за нумеричку анализу 65 модела интеракције импланта и феморалне кости. Модели су анализирани применом методе коначних елемената и разликовали су се по пречнику полуцилиндричних модификација, размаку између њих, као и по броју полуцилиндричних модификација, постављених по дужини и ширини модела. Због велике рачунарске захтевности, која је неопходна за анализу реалних анатомских модела, разматрани су само једноставни модели интеракције импланта и бутне кости. Анализа нумеричких модела, омогућава прикупљање великог броја података на знатно бржи и једноставнији начин, у односу на експерименталне студије, што за последицу има боље разумевање феномена који се анализирају. Ипак, и нумерички модели захтевају верификацију или валидацију.

модификације, применом методе електронског снопа. Овај део дисертације је изведен на Техничком Универзитету у Грацу, у оквиру сарадње, која је настала као резултат студијског боравка у току септембра 2016. године. Модели креирани у Грацу су били неопходни за други део експерименталног рада, који је изведен у Лабораторији за биоинжењеринг на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Овај део рада је обухватао коришћење претходно израђених модела, како би се на свакој од 8 површина засадило по 100 000 здравих ћелија, које потичу од фибробласта плућа. Након 24 сата, од њиховог засејавања, анализирана је њихова вијабилност.

На самом крају, приказана је могућност примене алгоритама вештачке интелигенције за издвајање параметара модификација, који највише утичу на резултате нумеричких симулација. Поред издвајања параметара модификација, анализирана је и могућност класификације модела површинских модификација. Циљ је био анализа могућности селекције модела, који би требало анализирати методом коначних елемената.

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

Очекивани животни век људи се стално повећава. Повећање броја старијег становништва имаће значајан утицај на друштво. Једна од сфера где ће ово бити веома изражено је здравствени систем, који ће морати да се унапреди, како би могао да одговори на будуће захтеве пацијената. Са старењем долази до појављивања здравствених проблема, од којих неки захтевају ортопедска помагала, у које спадају и импланти за кука.

На годишњем нивоу, у свету се обави преко милион операција замене кука и овај поступак се сматра једном од најуспешнијих операција на свету. Просечни животни век вештачког кука је петнаест година, док око 10% пацијената мора да се подвргне ревизионој операцији, у року од десет година од примарне операције замене. Значајан број ревизионих операција је последица асептичног разлабављења импланта, односно слабог контакта између феморалне кости и стема (стабла) феморалне компоненте вештачког кука.

Начин да се смањи потреба за ревизионим операцијама је да се приликом замене зглоба кука вештачким деловима, обезбеди што бољи контакт између кости и стема (стабла) феморалног дела вештачког кука, јер чвршћа веза доводи до стабилније конструкције. На овај начин се смањују микропокрети на месту контакта кости и импланта, што помаже приликом процеса урастања кости у имплант. Извођењем *in vivo* експеримената, показано је да модификација површине импланта, омогућава боље урастање и везивање кости. Како би се смањио број *in vivo* експеримената и потпомогла клиничка испитивања, нумеричке анализе налазе све већу примену у медицини.

У овој тези, примењена је метода коначних елемената, у циљу анализе утицаја различитих топографија на дистрибуцију смичућег напона на површини импланта. Велики напон смицања негативно утиче на околно ткиво, тако да је циљ користити топографије, код којих је напон смицања што мањи. Примена ове методе нам омогућава уштеду времена и једноставније прелиминарно тестирање различитих топографија. Анализирано је преко 60 различитих модела, како би се боље разумело како различити

параметри полуцилиндричних модификација на површини импланта, утичу на расподелу напона смицања. Добијени резултати нумеричких симулација су коришћени у комбинацији са алгоритмима вештачке интелигенције, за издвајање параметара који највише утичу на расподелу смичућег напона, као и за прелиминарну селекцију модела, које би требало анализирати методом коначних елемената. Поред нумеричке анализе и алгоритама вештачке интелигенције, у дисертацији је приказана методологија за *in vitro* валидацију модела која се састоји из два сегмента. Први је везан за физичко креирање топографија, кроз примену методе електронског снопа. Други део методологије је везан за праћење ћелија на површини топографије, као начин да се анализира могућност формирања везе између кости и импланта.

Узимајући у обзир предвиђени раст броја становника на свету у наредном периоду, број примарних операција замене зглоба кука, као и ревизионих операција ће се увећавати у наредном периоду, како у Србији, тако и у другим земљама света. Ово указује на значај докторске дисертације кандидата. Комисија сматра да резултати и закључци ове дисертације отварају простор за даља истраживања у овој научној области, јер приказана методологија има велики потенцијал за наставак истраживања.

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

На основу детаљног прегледа дисертације и анализе научних радова из области докторске дисертације, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Александре Вуловић представља резултат оригиналног научног рада. Докторска дисертација је прошла обавезну проверу на плагијаризам у софтверу iThenticate која потврђује да је реч о оригиналном научном раду. Такође, у складу са Правилником о поступку провере на плагијаризам Универзитета у Крагујевцу, докторска дисертација је позитивно оцењена од стране ментора, др Ненада Филиповића, редовног професора Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Кандидат је самостално и темељно обрадио тему, при чему је користио теоријске основе и научне радове, релевантне за тему дисертације. Обрађивањем актуелне теме кандидат је остварио конкретне научне резултате. Оригиналношћу научног рада и истраживања, остварених у оквиру докторске дисертације, огледају се у следећем:

- Предложена је методологија нумеричке и експерименталне анализе топографије на површини импланта за кук.
- Креирано је преко 60 модела за анализу интеракције импланта и бутне кости. Модели се разликују по пречнику полуцилиндричних модификација, као и броју и размаку између њих. Такође, разматрани су модели, код којих су полуцилиндричне модификације постављене по дужини и ширини модела.
- Анализирани су параметри топографије на површини импланта и њихов утицај на напон смицања, који је веома значајан параметар за тему дисертације.
- Примена алгоритама вештачке интелигенције за издвајање параметара, који највише утичу на резултате нумеричких симулација.
- Предложена методологија експерименталне анализе је тестирана у лабораторијским условима.

## 4. Преглед остварених резултата кандидата у одређеној области

### 4.1 Биографија кандидата

Александра Вуловић је рођена 15.10.1991. године у Крагујевцу, Република Србија. Основно образовање је стекла у школи „21. октобар“ у Крагујевцу. Након завршетка основне школе уписује Прву крагујевачку гимназију, одељење обдарених ученика математичке гимназије, коју завршава 2010. године.

Основне академске студије на Машинском факултету (сада Факултет инжењерских наука) у Крагујевцу уписала је 2010. године, а завршила 2013. године, на смеру за Примењену механику и аутоматско управљање, са просечном оценом у току студија 10,00 (десет и 00/100). Након завршетка основних академских студија, 2013. године уписује мастер академске студије на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, смер Машинско инжењерство, модул Примењена механика и аутоматско управљање. Мастер академске студије је завршила 2015. године са просечном оценом 10,00 (десет и 00/100). Мастер академске студије из области Биомедицинског инжењерства уписује 2018. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и завршава их 2020. године са просечном оценом 10,00 (десет и 00/100).

Током основних и мастер академских студија била је стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја, Фонда за младе таленте као и Универзитета у Крагујевцу. Током мастер академских студија била је стипендиста Истраживачко развојног центра за биоинжењеринг (BioIRC), где је била запослена након завршетка студија.

Након завршених мастер академских студија уписује докторске академске студије, школске 2015/2016 године, на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, на смеру Машинско инжењерство. Положила је све испите предвиђене студијским програмом докторских академских студија са просечном оценом 10,00 (десет и 00/100).

Докторске академске студије форензичког инжењерства на Криминалистичко-полицијској академији (сада Криминалистичко-полицијски универзитет) уписује школске 2016/2017 године. Положила је све испите предвиђене студијским програмом докторских академских студија са просечном оценом 10,00 (десет и 00/100). Докторску дисертацију, под називом „Анализа утицаја аерополутаната на здравље људи са аспекта еколошке форензике“ одбранила је 11.05.2022. године на Криминалистичко-полицијском универзитету и тиме стекла звање доктор наука – технолошко инжењерство.

Запослена је на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу од јануара 2017. године. Тренутно је у звању научног сарадника.

У оквиру истраживања учествовала је на великом броју билатералних и COST пројеката, као и на домаћим и међународним пројектима. Такође, усавршавала се кроз краће и дуже боравке у иностранству.

#### 4.2 Референце кандидата

Кандидат је објавио преко 30 научних и стручних радова у домаћим и међународним часописима као и на међународним скуповима.

##### Монографска студија/поглавље у књизи M11 или рад у тематском зборнику водећег међународног значаја (категорија M13)

1. **Aleksandra Vulović**, Nenad Filipović, The biomechanics of lower human extremities, In: Computational Modeling in Bioengineering and Bioinformatics, Academic Press, (2020) pp. 179-210, ISBN: 978-0-128-19583-3  
doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819583-3.00006-0>
2. **Aleksandra Vulović**, Nenad Filipović, Determining Young's Modulus of Elasticity of Cortical Bone from CT Scans, In: Computational Modeling and Simulation Examples in Bioengineering, Wiley (2021) pp. 141-174, ISBN: 978- 1119563945  
doi: <https://doi.org/10.1002/9781119563983.ch4>
3. **Aleksandra Vulović**, Nenad Filipović, Application of numerical methods for the analysis of respiratory system, In: Cardiovascular and Respiratory Bioengineering, Academic Press, (2022) pp. 225-235, ISBN: 978-0-12-823956-8  
doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823956-8.00005-5>

##### Рад у врхунском међународном часопису (категорија M21)

1. **Aleksandra Vulović**, Tijana Šušteršič, Sandra Cvijić, Svetlana Ibrić, Nenad Filipović, Coupled in silico platform: Computational fluid dynamics (CFD) and physiologically-based pharmacokinetic (PBPK) modelling, European Journal of Pharmaceutical Sciences, (2018) Vol. 113, pp. 171-184, ISSN: 0928-0987  
doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2017.10.022>
2. Marijana Madzarevic, Djordje Medarevic, **Aleksandra Vulovic**, Tijana Sustersic, Jelena Djuris, Nenad Filipovic, Svetlana Ibric, Optimization and Prediction of Ibuprofen Release from 3D DLP Printlets Using Artificial Neural Networks, Pharmaceutics, (2019) Vol.11, No.10, pp. 544, ISSN 1999-4923  
doi: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics11100544>.

##### Радови у међународним часописима (категорија M23)

1. **Aleksandra Vulović**, Jelena Lamovec, Stevo Jaćimovski, Nenad Filipović, Transient numerical simulation of airflow characteristics in the mouth-throat 3D model, Tehnički vjesnik, (2022) Vol. 29, No. 5, pp. 1507-1513, ISSN 1846-6168  
doi: <https://doi.org/10.17559/TV-20211123102414>
2. **Vulović Aleksandra**, Warchomicka Fernando Gustavo, Pixner Florian, Filipović Nenad, Analysis of modified surface topographies of titanium-based hip implants using finite element method, Technology and Health Care, (2023), Pre-press, ISSN 0928-7329,  
doi: <https://doi.org/10.3233/THC-230692>

**Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (категија М24)**

1. **A. Vulović**, N. Filipović, Computational analysis of hip implant surfaces, Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics, (2019) Vol.13, No.1, pp. 109-119, ISSN 1820-6530  
doi: <https://doi.org/10.24874/jsscm.2019.13.01.07>
2. Radivoje Radaković, **Aleksandra Vulović**, Themis Exarchos, Nenad Filipović, Finite element analysis of a knee joint during jump, Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics, (2022) Vol. 16, No. 2, pp. 87-95, ISSN 1820-6530  
doi: <https://doi.org/10.24874/jsscm.2022.16.02.06>

**Саопштење са међународног скупа штампано у целини (категија М33)**

1. **Aleksandra Vulović**, Nenad Filipović, Branko Ristić, Effects of ruptured anterior cruciate ligament and medial meniscectomy on stress distribution of human knee joint at full extension, 15th IEEE International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE 2015), Belgrade, 2nd-5th November, (2015) pp. 132 – 135, ISBN 978-1-4673-7984-7  
doi: <https://doi.org/10.1109/BIBE.2015.7367650>
2. Tijana Šušteršič, **Aleksandra Vulović**, Sandra Cvijić, Svetlana Ibrić, Nenad Filipović, Simulation of Aerosol Particle Flow Through Dry Powder Inhaler Aerolizer®, 4th South-East European Conference on Computational Mechanics - SEECM 2017, Kragujevac, 3th-5th July, (2017) pp. 52 – 60, ISBN 978-86-921243-0-3
3. **Aleksandra Vulović**, Tijana Šušteršič, Nenad Filipović, Finite Element Analysis of Femur During Gait, 4th South-East European Conference on Computational Mechanics - SEECM 2017, Kragujevac, 3th-5th July, (2017) pp. 61 – 66, ISBN 978-86-921243-0-3
4. Tijana Šušteršič, **Aleksandra Vulović**, Sandra Cvijić, Svetlana Ibrić, Nenad Filipović, Effect of Circulation Chamber Dimensions on Aerosol Delivery Efficiency of a Commercial Dry Powder Inhaler Aerolizer®, 17th IEEE International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE 2017), Washington DC, 23rd-25th October, (2017) pp. 555 - 558, ISBN 978-1-5386-1325-2,  
doi: <https://doi.org/10.1109/BIBE.2017.00011>
5. **Aleksandra Vulović**, Tijana Šušteršič, Nenad Filipović, Finite Element Analysis of Femoral Implant Under Static Load, 17th IEEE International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE 2017), Washington DC, 23rd-25th October, (2017) pp. 559-562, ISBN 978-1-5386-1325-2  
doi: <https://doi.org/10.1109/BIBE.2017.00012>
6. **Aleksandra Vulović**, Venezija Ilijazi, Stevo Jaćimovski, Analysis of turbulent diffusion model with variable coefficients in case of stationary point source, Thematic Conference Proceedings of International Significance Archibald Reiss Days, (2017) vol. 3, pp. 307-320, ISBN 978-86-7020-387-7.
7. **Aleksandra Vulović**, Fernando Warchomicka, Claudia Ramskogler, Christof Sommitsch, Nenad Filipović Simulation of the Interlocking Capacity of the Modified Hip Implant Surface, In: Konjović, Z., Zdravković, M., Trajanović, M. (Eds.) ICIST 2018 Proceedings (2018) Vol.1, pp. 202 – 205, ISBN 978-86-85525-22-3
8. Tijana Sustersic, **Aleksandra Vulovic**, Ivan Cekerevac, Romana Susa, Sebastien Baumann, Aikaterini Zisaki, Rubén Braojos, Francisco Rincón, Srinivasan Murali,

- Nenad Filipovic, Automatic Sleep Apnea/Hypopnea Detection based on Nasal Airflow Signal. In: Konjović, Z., Zdravković, M., Trajanović, M. (Eds.) ICIST 2018 Proceedings (2018) Vol. 1, pp. 206 - 211, ISBN 978-86-85525-22-3
9. **Aleksandra Vulović**, Venezija Ilijazi, Jelena Lamovec, Stevo Jaćimovski, Assessment of air pollution distribution from radioactive sources and its impact on human health, Thematic Conference Proceedings of International Significance Archibald Reiss Days, (2018) vol. 2, pp. 475-483, ISBN 978-86-7020-408-9.
  10. **Aleksandra Vulović**, Nenad Filipović, Effect of Hip Implant Surface Modification on Shear Stress Distribution. In: Filipovic, N. (eds) Computational Bioengineering and Bioinformatics. ICCB 2019. Learning and Analytics in Intelligent Systems, (2020) vol 11, pp.151-159, Springer, Cham, ISBN 978-3-030-43657-5  
doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-43658-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-43658-2_14)
  11. **Aleksandra Vulović**, Fernando Gustavo Warchomicka, Nenad Filipović, Finite Element Analysis of Surface Modification of Titanium Alloy Used for Hip Implant, Materials Science Forum1016, (2021) 1544-1548, ISBN 1662-9752  
doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1016.1544>
  12. **Aleksandra Vulović**, Giuseppe Filardo and Nenad Filipović, Comparison of mechanical response of knee joint with healthy and damaged femoral cartilage, In 2021 IEEE 21st International Conference on BioInformatics and BioEngineering, Kragujevac.  
doi: <https://doi.org/10.1109/BIBE52308.2021.9635319>
  13. Radivoje Radaković, Nikola Janković, Jelena Dimitrijević, Nataša Zdravković Petrović, **Aleksandra Vulović** and Nenad Filipović, Analysis of forces in knee joints of top football players and futsal players in different types of jumps, In 2021 IEEE 21st International Conference on BioInformatics and BioEngineering, Kragujevac.  
doi: <https://doi.org/10.1109/BIBE52308.2021.9635362>
  14. Radivoje Radaković, Sara Mijailović, Nataša Zdravković Petrović, **Aleksandra Vulović**, Nenad Filipović and Nebojša Zdravković, Analysis of knee joint forces in different types of jumps of top futsal players at the beginning and at the end of the preparation period, In 2021 IEEE 21st International Conference on BioInformatics and BioEngineering, Kragujevac  
doi: <https://doi.org/10.1109/BIBE52308.2021.9635554>
  15. **Aleksandra Vulović**, Nenad Filipović, Finite Element Analysis of Modified Hip Implant Surfaces, In: Badnjevic, A., Gurbeta Pokvić, L. (eds) CMBEBIH 2021. CMBEBIH 2021. IFMBE Proceedings, (2021) vol 84, pp. 582-588, Springer, Cham. ISBN 978-3-030-73908-9  
doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-73909-6\\_68](https://doi.org/10.1007/978-3-030-73909-6_68)
  16. **Vulović, A.**, Filipović, N. Numerical analysis of hip implant surfaces. In: Zdravković, M., Trajanović, M., Konjović, Z. (Eds.) ICIST 2021 Proceedings, (2021) pp.128-130, ISBN 978-86-85525-24-7.
  17. **Vulović, A.**, Boffa, A., Filardo, G., Filipović, N. Effect of body mass index on the mechanical response of knee joint with damaged femoral cartilage. In: Zdravković, M., Trajanović, M., Konjović, Z. (Eds.) ICIST 2022 Proceedings, (2022) pp.45-48, ISBN 978-86-85525-24-7
-



#### Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (категорија М34)

1. **Aleksandra Vulović**, Fernando Warchomiczka, Claudia Ramskogler, Christof Sommitsch, Nenad Filipović, Finite Element Analysis of the Modified Hip Implant Surface, In *Biologica Serbica - Belgrade BioInformatics Conference – BelBi 2018*, Belgrade, 18th – 22nd June, (2018) Vol. 40, No.1 (Special Edition), pp. 7, ISSN 2334-6590, UDK 57 (051).
2. **Aleksandra Vulović**, Nenad Filipović, Effect of the femoral bone material properties on the numerical simulation results, *The 7th International Congress of Serbian Society of Mechanics*, Sremski Karlovci, Serbia, 2019, pp. 178-179, ISBN 978-86-909973-7-4
3. **Aleksandra Vulović**, Nenad Filipović, Calculation of femoral cortical bone elasticity modulus from computed tomography scans, *8th International Congress of Serbian Society of Mechanics*, Kragujevac, 2021, pp. 486-487, ISBN 978-86-909973-8-1.
4. Gordana Jovicic, **Aleksandra Vulovic**, Smiljana Djorovic, Arso Vukicevic, Radun Vulovic, Radivoje Radakovic, Nenad Filipovic, Numerical analysis of knee joint at maximum power tennis serve, *8th International Congress of Serbian Society of Mechanics*, Kragujevac, 2021, pp. 287-288, ISBN 978-86-909973-8-1.
5. **Aleksandra Vulović**, Tijana Šušteršič, Nenad Filipović, Shear stress classification for the finite element analysis of hip implant surface topographies, *1st Serbian International Conference on Applied Artificial Intelligence (SICAAI) Kragujevac, Serbia, May 19-20, 2022*, pp. 88.
6. **Aleksandra Vulović**, Tijana Šušteršič, Nenad Filipović, Feature selection for the shear stress classification of hip implant surface topographies, *2nd Serbian International Conference on Applied Artificial Intelligence (SICAAI) Kragujevac, Serbia, May 19-20, 2023*, pp. 85.

#### Рад у часопису националног значаја (категорија М52)

1. **A. Vulović**, A. Vukićević, G. Jovičić, B. Ristić, N. Filipović, The influence of ruptured anterior cruciate ligament on the biomechanical weakening of knee joint and posterior cruciate ligament, *Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics*, (2016) Vol. 10, No. 2, pp 1-8, ISBN 1820-6530, doi: <https://doi.org/10.5937/jsscm1602001V>

#### Рад у научном часопису (категорија М53)

1. **A. Vulović**, T. Šušteršič, V. Ranković, A. Peulić, N. Filipović, Comparison of Different Neural Network Training Algorithms with Application to Face Recognition Problem, *EAI Endorsed Transactions on Industrial Networks and Intelligent Systems*, (2018) 18(12): e3, ISSN 2410-0218 doi: <https://doi.org/10.4108/eai.10-1-2018.153550>.
2. Tijana Šušteršič, **Aleksandra Vulović**, Nenad Filipović, Aleksandar Peulić, FPGA Implementation of Face Recognition Algorithm, *Pervasive Computing Paradigms for Mental Health. Selected Papers from MindCare 2016, Fabulous 2016, and IIoT 2015*, (2018) pp. 93-99, ISSN 1867-8211 doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74935-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74935-8_13)
3. Nenad Filipović, Tijana Šušteršič, **Aleksandra Vulović**, Akira Tsuda, Big Data and machine learning: new frontier in lung cancer care, *Shanghai Chest*, (2019) Vol.3, No.51, pp. 1-11, ISSN 2521-3768

### **Одбрањена докторска дисертација (категорија M71)**

1. Александра Вуловић, „Анализа утицаја аерополутаната на здравље људи са аспекта еколошке форензике“, Докторска теза, Криминалистичко-полицијски универзитет, Београд, 11.05.2022. године, бр. страна 128, Кључне речи: адвективно дифузна једначина, депозиција честица, нумеричке методе, респираторни систем, ментор: др Стево Јаћимовски, редовни професор, коменторка: др Јелена Ламовец, доцент

### **5. Оцена испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему**

На основу прегледаног рукописа Комисија је закључила да су сви задаци који су предвиђени приликом пријаве теме за израду докторске дисертације, под насловом „**Нумеричка и експериментална анализа утицаја модификоване површине импланта на процес зарастања бутне кости**“, по обиму и по квалитету добијених научних резултата у потпуности испуњени, и да приказани резултати представљају оригинални научни допринос у ужој научној области Примењена механика. Наслов докторске дисертације, извршена истраживања, као и циљеви проучавања су у складу са онима који су наведени у пријави теме.

Докторска дисертација кандидата написана је на 133 стране, садржи 119 слика и 45 табела, а цитирано је 138 библиографских података. Структура дисертације је конципирана у складу са хипотетичким оквиром истраживања. Комисија сматра да је кандидат разрадио дисертацију у сагласности са предметом, циљевима и хипотезама истраживања. Дисертација је изложена у 11 поглавља, којима претходи резиме рада на српском и енглеском језику, списак слика и табела и садржај.

У поглављу 1 (**Уводна разматрања**) дефинисан је предмет и циљ дисертације, као и полазне хипотезе. Укратко је описан проблем који ће бити анализиран у склопу ове дисертације.

У поглављу 2 (**Анатомија и биомеханика зглоба кука**) објашњена је анатомија зглоба кука, као и основни покрети овог зглоба. Посебан осврт је дат на оптерећења током стајања и ходања, као и мерење силе у вештачком зглобу.

У поглављу 3 (**Процес зарастања кости**) описана је грађа и састав кости као и сам процес зарастања кости.

У поглављу 4 (**Импланти за кук**) приказани су типови импланта који се користе за замену кука, као и процедура замене. Описани су материјали који се најчешће користе. Посебна пажња је посвећена бесцементним имплантима, који су анализирани у склопу ове дисертације.

У поглављу 5 (**Површинске модификације металних импланта**) описани су сегменти дизајна топографија, различите физичко-хемијске методе површинске модификације металних импланта, као и премази који се користе, у циљу побољшања везивања кости и површине импланта.

Endorsed Transactions on Industrial Networks and Intelligent Systems, (2018) 18(12): e3, ISSN 2410-0218

doi: <https://doi.org/10.4108/eai.10-1-2018.153550>.

2. Tijana Šušteršič, **Aleksandra Vulović**, Nenad Filipović, Aleksandar Peulić, FPGA Implementation of Face Recognition Algorithm, Pervasive Computing Paradigms for Mental Health. Selected Papers from MindCare 2016, Fabulous 2016, and IIoT 2015, (2018) pp. 93-99, ISSN 1867-8211  
doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74935-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74935-8_13)
3. Nenad Filipović, Tijana Šušteršič, **Aleksandra Vulović**, Akira Tsuda, Big Data and machine learning: new frontier in lung cancer care, Shanghai Chest, (2019) Vol.3, No.51, pp. 1-11, ISSN 2521-3768  
doi: <https://doi.org/10.21037/shc.2019.07.11>

#### **Одбрањена докторска дисертација (категорија M71)**

1. Александра Вуловић, „Анализа утицаја аерополутаната на здравље људи са аспекта еколошке форензике“, Докторска теза, Криминалистичко-полицијски универзитет, Београд, 11.05.2022. године, бр. страна 128, Кључне речи: адвективно дифузна једначина, депозиција честица, нумеричке методе, респираторни систем, ментор: др Стево Јаћимовски, редовни професор, коменторка: др Јелена Ламовец, доцент

#### **5. Оцена испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему**

На основу прегледаног рукописа Комисија је закључила да су сви задаци који су предвиђени приликом пријаве теме за израду докторске дисертације, под насловом **„Нумеричка и експериментална анализа утицаја модификоване површине импланта на процес зарастања бутне кости“**, по обиму и по квалитету добијених научних резултата у потпуности испуњени, и да приказани резултати представљају оригинални научни допринос у ужој научној области Примењена механика. Наслов докторске дисертације, извршена истраживања, као и циљеви проучавања су у складу са онима који су наведени у пријави теме.

Докторска дисертација кандидата написана је на 125 страна, садржи 119 слика и 45 табела, а цитирано је 138 библиографских података. Структура дисертације је конципирана у складу са хипотетичким оквиром истраживања. Комисија сматра да је кандидат разрадио дисертацију у сагласности са предметом, циљевима и хипотезама истраживања. Дисертација је изложена у 11 поглавља, којима претходи резиме рада на српском и енглеском језику, списак слика и табела и садржај.

У поглављу 1 (Уводна разматрања) дефинисан је предмет и циљ дисертације, као и полазне хипотезе. Укратко је описан проблем који ће бити анализиран у склопу ове дисертације.

Имајући у виду да готово не постоје студије које се баве овом проблематиком на представљен начин, предложена докторска дисертација је дала значајан научни допринос. Научни резултати докторске дисертације верификовани су објављивањем радова у часописима категорије M23 и M24, као и на конференцијама међународног значаја M33.

## 7. Применљивост резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидата Александре Вуловић, под насловом „Нумеричка и експериментална анализа утицаја модификоване површине импланта на процес зарастања бутне кости“ примењиви су и корисни, како у теоријском, тако и у практичном смислу.

Сматрамо да ова докторска дисертација, представља значајан допринос у области дизајна импланта за кук. Нумеричке симулације могу да помогну при дизајну, како импланта за кук, тако и других импланта и ортопедских помагала. Поред нумеричких симулација, у оквиру дисертације разматрана је експериментална метода испитивања топографије површине импланта за кук.

Описана је методологија нумеричке анализе утицаја топографије површине импланта за кук на напон смицања, који представља битан параметар за анализиран проблем. Такође, описана је и методологија за испитивање броја ћелија на топографијама површине импланта у лабораторијским условима. Приказана методологија може бити имплементирана и за анализу других типова импланта.

## 8. Начин презентовања резултата научној јавности

Део научних резултата кандидата је већ верификован објављивањем научностручних радова у часописима и на међународним конференцијама. Кандидат је као непосредни резултат рада на дисертацији објавио следеће радове:

### Категорија M20:

1. **Vulović Aleksandra**, Warchomicka Fernando Gustavo, Pixner Florian, Filipović Nenad, Analysis of modified surface topographies of titanium-based hip implants using finite element method, Technology and Health Care, (2023), Pre-press, ISSN 0928-7329, doi: <https://doi.org/10.3233/THC-230692> [M23]
2. **Vulović Aleksandra**, Filipovic Nenad, (2019). Computational analysis of hip implant surfaces, Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics, (2019), Vol.13, No.1, pp. 109-119, ISSN 1820-6530, doi: <https://doi.org/10.24874/jsscm.2019.13.01.07> [M24]

### Категорија M30:

1. **Aleksandra Vulović**, Fernando Gustavo Warchomicka, Nenad Filipović, Finite Element Analysis of Surface Modification of Titanium Alloy Used for Hip Implant, Materials Science Forum1016, (2021) 1544–1548, ISBN 1662-9752, doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1016.1544> [M33]

2. **Aleksandra Vulović**, Nenad Filipović, Finite Element Analysis of Modified Hip Implant Surfaces, In: Badnjevic, A., Gurbeta Pokvić, L. (eds) CMБEBIH 2021. CMБEBIH 2021. IFMBE Proceedings, (2021) vol 84, pp. 582-588, Springer, Cham. ISBN 978-3-030-73908-9, doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-73909-6\\_68](https://doi.org/10.1007/978-3-030-73909-6_68) [M33]
3. **Vulović, A.**, Filipović, N. Numerical analysis of hip implant surfaces. In: Zdravković, M., Trajanović, M., Konjović, Z. (Eds.) ICIST 2021 Proceedings, (2021) pp.128-130, ISBN 978-86-85525-24-7 [M33]
4. **Aleksandra Vulović**, Nenad Filipović, Effect of Hip Implant Surface Modification on Shear Stress Distribution. In: Filipovic, N. (eds) Computational Bioengineering and Bioinformatics. ICCB 2019. Learning and Analytics in Intelligent Systems, (2020) vol 11, pp.151-159, Springer, Cham, ISBN 978-3-030-43657-5, doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-43658-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-43658-2_14) [M33]

Комисија сматра да истраживања и резултати ове докторске дисертације представљају обиман и користан материјал за даљу публикацију радова у међународним и националним часописима и скуповима.

## ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Докторска дисертација кандидата Александре Вуловић „Нумеричка и експериментална анализа утицаја модификоване површине импланта на процес зарастања бутне кости“ одговара прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и одобреној од стране Већа за техничко-технолошке науке.

Кандидат је у приказу свог рада користио одговарајућу стандардизовану стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама.

Докторска дисертација по квалитету, обиму и приказаним резултатима истраживања у потпуности задовољава законске услове и универзитетске норме прописане за израду докторске дисертације.

Кандидат је показао да влада методологијом научно-истраживачког рада и да поседује способност систематског приступа и коришћења литературе. При томе је, показао способност да приступи свеобухватно сложеној проблематици, у циљу дефинисања суштинских закључака и добијања конкретних и применљивих резултата.

С обзиром на актуелност проблематике која је обрађена и остварене резултате, чланови Комисије сматрају да кандидат Александра Вуловић и поднета докторска дисертација, испуњавају све услове, који се у поступку оцене писаног дела докторске дисертације захтевају Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

На основу свега наведеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Александре Вуловић**, предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да докторску дисертацију кандидата под називом:

**„НУМЕРИЧКА И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА АНАЛИЗА УТИЦАЈА  
МОДИФИКОВАНЕ ПОВРШИНЕ ИМПЛАНТА НА ПРОЦЕС ЗАРАСТАЊА  
БУТНЕ КОСТИ“**

прихвате као успешно урађену и да кандидата позову на јавну одбрану докторске дисертације.

**ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ**

1. 

**Др Гордана Јовичић**, редовни професор, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу; Ужа научна област: Примењена механика; председник Комисије

2. 

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

3. 

**Др Бранко Ристић**, редовни професор, Факултет медицинских наука, Универзитет у Крагујевцу; Ужа научна област: Хирургија; члан Комисије

4. 

**Др Марко Живановић**, виши научни сарадник, Институт за информационе технологије Универзитета у Крагујевцу; Ужа научна област: Природно математичке науке – биологија; члан Комисије

5. 

**Др Лукас Расулић**, редовни професор, Медицински факултет, Универзитет у Београду; ужа научна област: Хирургија са анестезиологијом (неурохирургија); члан Комисије

У Крагујевцу и Београду,

05.09.2023. године.