

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

1275/5

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

17.10.2024.

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и
о одређивању ментора**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

**РАЗВОЈ СИСТЕМА ЗА АУТОМАТСКУ ПРОЦЕНУ СТАЊА КИЧМЕ И ПОСТУРАЛНОГ
СТАТУСА ДЕЦЕ И АДОЛЕСЦЕНАТА, ЗАСНОВАНОГ НА РАЧУНАРСКОМ ВИДУ И
ВЕШТАЧКОЈ ИНТЕЛИГЕНЦИЈИ**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: Машинско инжењерство (ужа научна област: биомедицинско
инжењерство)

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

- Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:
ИГОР (ВЛАДА) ХУТ
- Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):
Универзитет у Београду - Машински факултет, Краљице Марије 16, 11120 Београд 35
- Година завршетка претходног нивоа студија: 2009.
- Година уписа на докторске студије: 2020.
- Назив студијског програма докторских студија: Машинско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Бранислава Јефтић

Звање: ванредни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Trbojević-Stanković, J.B., Matović, V.D., Jeftić, B.D., Nešić, D., Odović, J., Perović-Blagojević, I., Topalović, N., Matija, L.R., **2023**. Employing machine learning to assess the accuracy of near-infrared spectroscopy of spent dialysate fluid in monitoring the blood concentrations of uremic toxins. *Archives of Biological Sciences*, 75(3), pp. 309-317, ISSN 0354-4664, <https://doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=0354-46642300025T> (IF 2022: 0,8, KoBSON)
2. Miljkovic, S., Jestic, B., Stankovic, I., Stojiljkovic, N., Koruga, Dj., **2021**. Mechanisms of skin moisturization with hyperharmonized hydroxyl modified fullerene substance. *J Cosmet Dermatol*, 20(9), pp. 3018-3025, ISSN:1473-2165, DOI: 10.1111/jocd.13965, (IF 2021: 2,189, KoBSON)
3. Matović, V., Jeftić, B., Trbojević-Stanković, J., Matija, L., **2021**. Predicting anemia using NIR spectrum of spent dialysis fluid in hemodialysis patients. *Sci Rep*, 11, pp. 10549, ISSN 2045-2322, DOI: 10.1038/s41598-021-88821-4 (IF 2021: 4,997, KoBSON)
4. Miljkovic, S., Jestic, B., Sarac, D., Matovic, V., Slavkovic, M., Koruga, Dj., **2020**. Influence of hyperharmonized fullerene water complex on collagen quality and skin function. *J Cosmet Dermatol*, 19(2), pp. 494–501, ISSN 1473-2130, DOI: 10.1111/jocd.12999, (IF 2020: 2,696, KoBSON)
5. Stankovic, I., Matija, L., Jankov, M., Jestic, B., Koruga, I., Koruga, D., **2020**. Optical and structural properties of PMMA/C₆₀ composites with different concentrations of C₆₀ molecules and its possible applications. *J Polym Res*, 27(8), pp. 1-11, ISSN 1022-9760, DOI: 10.1007/s10965-020-02203-4 (IF 2020: 3,097, KoBSON)
6. Matović, V., Trbojević-Stanković, J., Jeftić, B., Matija, L., **2020**. Glucose concentration monitoring using near-infrared spectrum of spent dialysis fluid in hemodialysis patients. *Srp Arh Celok Lek*, 148(11-12), pp. 706-710, ISSN 0370-8179, DOI: 10.2298/SARH200215090M (IF 2020: 0,207, KoBSON)
7. Hut, I., Jestic, B., Matija, L., Cojbasic, Z., Koruga, Dj., **2019**. Machine Learning Classification of Cervical Tissue Liquid Based Cytology Smear Images by Optomagnetic Imaging Spectroscopy. *Technical Gazette*, 26(6), pp. 1694-1699, ISSN 1848-6339, DOI: 10.17559/TV-20190528192618 (IF 2019: 0,670, KoBSON)
8. Jeftić, B., Papic-Obradović M., Munćan J., Matija L., Koruga Dj., **2017**. Optomagnetic Imaging Spectroscopy Application in Cervical Dysplasia and Cancer Detection: Comparation of Stained and Unstained Papanicolaou Smears. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 37(6), pp. 936-943, ISSN 1609-0985, DOI: 10.1007/s40846-017-0255-z (IF 2017: 1,211, KoBSON)

Обавештавамо вас да је Наставно – научно веће на седници одржаној 17.10.2024. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Прилог:

1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и једном писаном примерку за архиву Универзитета

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 1275/5
Датум: 17.10.2024. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017, 73/2018, 27/2018 – др. закон 67/2019, 6/2020 – др. закони, 11/2021 – аутентично тумачење, 67/2021, 67/2021 – др. закон и 76/2023), члана 64. Статута Машинског факултета – пречишћени текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године), Одлуке о изменама и допунама Статута број 239/6 од 17.02.2023. године и члана 38. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду - Машинском факултету, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 17.10.2024. године донело је:

О Д Л У К У
о прихватању Извештаја Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације

Прихвата се Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **ИГОРА ХУТА**, дипл. инж. маш. под насловом **„РАЗВОЈ СИСТЕМА ЗА АУТОМАТСКУ ПРОЦЕНУ СТАЊА КИЧМЕ И ПОСТУРАЛНОГ СТАТУСА ДЕЦЕ И АДОЛЕСЦЕНАТА, ЗАСНОВАНОГ НА РАЧУНАРСКОМ ВИДУ И ВЕШТАЧКОЈ ИНТЕЛИГЕНЦИЈИ“**.

Извештај је поднела Комисија у саставу: др Лидија Матија, ред. проф., др Ивана Станковић, доц. и др Оливера Кнежевић, доц., Универзитет у Београду – Факултет спорта и физичког васпитања.

За ментора докторске дисертације именује се др Бранислава Јефтић, ванредни професор Универзитета у Београду - Машинског факултета.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о научној заснованости теме докторске дисертације кандидата Игора Хута, дипл. инж. маш.

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Машинског факултета број 1275/3 од 19.09.2024. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Игора Хута, дипл. инж. маш. под називом:

Развој система за аутоматску процену стања кичме и постуралног статуса деце и адолесцената, заснованог на рачунарском виду и вештачкој интелигенцији

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Игор Хут је рођен 1978. године у Београду. Завршио је Шесту београдску гимназију у Београду, природно-математички смер, са одличним успехом. Машински факултет у Београду уписао је 1997 године, а након две дуге паузе у студирању дипломирао је 2009. године. Просек оцена у току студија износио је 8,35 (осам и 35/100). Дипломски рад на тему „Металне наночестице“ одбранио је 2009. год. под менторством проф. др Ђуре Коруге, на смеру Аутоматско управљање, са оценом 10 (десет). Положио је све испите предвиђене програмом докторских студија са просечном оценом 10 (десет) и тренутно има статус студента треће године докторских студија из области биомедицинског инжењерства на Машинском факултету Универзитета у Београду.

Има положене сертификоване испите из области студија управљања ризиком, на Steinbeis University Berlin (Course # 1: INTRO Introduction to Risk and Safety Management in Industry, Course # 5: RCM and RCFA Reliability Centered Maintenance and Root Cause Failure Analysis, Course # 8: FIRE Fire protection and modeling, Course # 9: ExP Explosion protection and modeling, Course # 11: ADR Transport of dangerous materials).

У периоду 01.08.2010. – 21.11.2010. год., као стипендиста јапанске владе, похађао је сертификовани курс Cleaner Production through Productive Maintenance, у Китајкјушу, Јапан. Курс је организован од стране Јапанске агенције за међународну сарадњу (Japan International Cooperation Agency – JICA).

Завршио и је и сертификовану он-лајн специјализацију из области науке о подацима (енг. Data Science) у организацији чувеног америчког универзитета Johns Hopkins.

Од 2000 до 2007. године радио је као спољни сарадник у „ХУТ ИНЖЕЊЕРИНГ“ д.о.о., Београд, а од 2007. год. до 2009. год. био је на позицији директора у истом предузећу.

У периоду 2000 – 2009 је учествовао на више пројеката, урађених за ЕПС, као што је, ревизија пројекта паровода РБ линије блока Б1 урађеног од стране ВВР-а са израдом комплетних статичких и динамичких прорачуна (ТЕНТ Б) и израда пројекта изведеног стања РБ линије блока Б1 (ТЕНТ Б). Учествовао је у пројектовању израде и атестирања опружних ослонаца и овешења за хемијска и петрохемијска постројења укључујући београдске електране и Рафинерију нафте Панчево.

Од 2009. год. запослен је у Иновационом центру Машинског факултета Универзитета у Београду на месту истраживач сарадник/докторант на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја ИИИИ 54009.

Ангажован је и као контакт особа Иновационог центра Машинског факултета Универзитета у Београду у оквиру EURAXESS мреже.

Од 2009. године, као сарадник/докторант у настави учествовао је у извођењу наставе на предметима Биомеханика локомоторног система, Основе биомедицинског софтвера, Напредни биомедицински софтвери, Обрада сигнала, Основе клиничког инжењерства и Клиничко инжењерство на катедри за Аутоматско управљање, модул Биомедицинско инжењерство, Машински факултет Универзитета у Београду.

Учествовао је као истраживач сарадник на два иновациона пројекта, финансирана од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, „Развој еколошких и економски прихватљивих система дезинтеграције чврстих материјала у привреди“ (евиденциони број 451-01-00065/2008-01/46) и „Развој система за третман чврстог индустријског отпада“ (евиденциони број 451-01-00065/2008-01/34). Коаутор је и два техничка решења проистекла из рада на овим пројектима рег. бр. 230/1 (М₈₅ – прототип) и 228/1 (М₈₅ – прототип), регистрована код Машинског факултета универзитета у Београду. Коаутор је такође још једног техничког решења које је резултат сарадње на иновационом пројекту „Истраживање и развој нове генерације мини денталних имплантата“ финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, рег. бр. 222/2 (М₈₅ – прототип), регистрованог код Машинског факултета Универзитета у Београду. Учествовао је као истраживач и на међународном пројекту EUREKA, GALVACONT E! 5009.

У периоду 2011 - 2020 био је је ангажован као истраживач сарадник на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја ИИИИ 45009 под називом „Функционализација наноматеријала за добијање нове врсте контактних сочива и рану дијагностику дијабетеса“.

У току летњег семестра, у мају 2012. год., формирао је предмет Biomedical Micromachining и учествовао као предавач у извођењу наставе на енглеском језику, на Malta College of Arts, Science and Technology (MCAST). Захваљујући dobrim резултатима сарадње поново је анагажован као предавач у новембру 2012. године на предмету Diagnostic and Control, за који је такође оформио курикулум и целокупни наставни садржај.

Кроз пројекте сарадње Иновационог центра Машинског факултета и немачке компаније SGM генерисао је садржај за преко 20 он-лајн курсева на BSc и MSc нивоу.

У периоду 2017 - 2019 је био ангажован као инжењер биоинформатике у оквиру своје ПР “Genomics Hut”. У овом капацитету је радио за једну од глобално водећих биоинформатичких компанија, Seven Bridges.

У периоду од 2018. год. до 2023. год. је био директор је и сувласник компаније brainshuttle doo која је пословала као део међународног конзорцијума. Бавила се производњом софтвера, пре свега комплетних решења у домену едукативних технологија за тржиште ЕУ.

2021. године је са тимом сарадника покренуо стартап HealthBotics LLC, Delaware који је у току 2023, након добијања инвестиције, променио име у Metamorphosis LLC.

Кроз своје професионално ангажовање је изградио експертско знање у доменама биомедицинског инжењерства, науке о подацима, машинског учења, рачунарског вида, биоинформатике, као и агилног менаџмента.

До сада је објавио један рад у међународном часопису изузетних вредности (M21a), један рад у међународном часопису (M23), један рад у часопису међународног значаја верификован посебном одлуком (M24), два рада у часопису националног значаја (M52), и има двадесет саопштења са међународног скупа штампаних у целини (M33), једанаест саопштења са међународног скупа штампаних у изводу (M34), два поглавља у књизи M42 (M45), једну монографску студију/поглавље у књизи M11 (M13) и четири монографске студије/поглавља у књизи M12 (M14).

Чланство у професионалним организацијама: PMI, IEEE Signal Processing и IEEE Computer Society.

На енглеском језику чита, говори и пише одлично, а на немачком врло добро.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

У периоду од 2009. год. до 2017. год. кандидат се бавио научно-истраживачким радом у домену биомедицинског инжењерства. На основу резултата проистеклих из истраживања активно пише и објављује.

Од 2009. године, као сарадник/докторант у настави учествовао је у извођењу наставе на предметима Биомеханика локомоторног система, Основе биомедицинског софтвера, Напредни биомедицински софтвери, Обрада сигнала, Основе клиничког инжењерства и Клиничко инжењерство на катедри за Аутоматско управљање, модул Биомедицинско инжењерство, Машински факултет Универзитета у Београду.

Учествовао је као истраживач сарадник на два иновациона пројекта, финансирана од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије: „Развој еколошких и економски прихватљивих система дезинтеграције чврстих материјала у привреди“ (евиденциони број 451-01-00065/2008-01/46) и „Развој система за третман чврстог индустријског отпада“ (евиденциони број 451-01-00065/2008-01/34). Коаутор је и два техничка решења проистекла из рада на овим пројектима рег. бр. 230/1 (M₈₅ – прототип) и 228/1 (M₈₅ – прототип), регистрована код Машинског факултета универзитета у Београду. Коаутор је такође још једног техничког решења које је резултат сарадње на иновационом пројекту „Истраживање и развој нове генерације мини денталних имплантата“ финансираног од стране Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије, рег. бр. 222/2 (M₈₅ – прототип), регистровано код Машинског факултета универзитета у Београду. Учествовао је као истраживач и на међународном пројекту EUREKA, GALVACONT E! 5009.

У периоду 2011 - 2020 био је ангажован као истраживач сарадник на пројекту ИИИИ 45009 под називом „Функционализација наноматеријала за добијање нове врсте контактних сочива и рану дијагностику дијабетеса“, финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Од 2021. године активно ради на развоју платформе Metmorphosis (metamorphosis.care), у својству техничког директора (Chief Technical Officer, CTO) задуженог за архитектуру

решења и ригорозно спровођење научних метода, тако да се гарантује примењивост решења у медицинске сврхе. У овој улози руководи тимом састављеним од искусних инжењера, лекара и професора Универзитета у Београду. Учествовао је у организацији две пилот студије спроведене на Институту за ортопедију Бањица и на Универзитетској дечијој клиници у Тиршовој. Резултати ових пилот студија су служили за верификацију полазних хипотеза, проверу параметара ваљаности мерења (тачност, прецизност, поновљивост итд.) и развој адекватних протокола снимања. Тренутно је у изради научни рад базиран на резултатима ових студија.

Преглед положених испита:

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
Виши курс математике	Проф. др Миодраг Спалевић	5	10
Нумеричке методе	Проф. др Миодраг Спалевић	5	10
ОМНИР и комуникација	Проф. др Милош Недељковић	5	10
Напредни курс из клиничког инжењерства	Проф. др Лидија Матија	5	10
Истраживање и публикување 1	Доц. др Бранислава Јефтић	10	10
Одабрана поглавља из механике	Проф. др Зоран Митровић	5	10
Савремено биомедицинско инжењерство	Проф. др Лидија Матија	5	10
Савремени биомедицински софтвери	Доц. др Бранислава Јефтић	5	10
Истраживање и публикување 2	Доц. др Ивана Станковић	15	10
Наносистеми	Проф. др Александра Васић Миловановић	5	10
Нанотехнологије у медицини и стоматологији	Доц. др Ивана Станковић	5	10
Истраживање и публикување 3	Доц. др Бранислава Јефтић	20	10
Истраживање и публикување 4	Доц. др Ивана Станковић	8	10
Пројекат идеје докторске дисертације	Проф. др Лидија Матија Доц. др Бранислава Јефтић Доц. др Ивана Станковић	22	10
Укупно ЕСПБ		120	

Научни допринос кандидата Игора Хута, дипл. инж. маш., у научним областима које кореспондирају са темом дисертације, пре свега у областима машинског вида, дигиталне обраде сигнала и слике као и науке о подацима, верификован је следећим радовима:

Рад у међународном часопису изузетних вредности, M21a

1. D. Stević, **I. Hut**, N. Dojčinović, J. Joković, *Automated identification of land cover type using multispectral satellite images*, Energy and Building, Elsevier, Published: 9.6.2015., DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.06.011(IF 4.457)

Монографска студија/поглавље у књизи M12 или рад у тематском зборнику међународног значаја, M14

2. A. Debeljkovic, I. Mileusnic, I. Djuricic, A. Dragicevic, **I. Hut**, S. Nijemcevic, *Nanoscale Material Characterization Under the Influence of Aggressive Agents by Magnetic Force Microscopy and Opto-Magnetic Spectroscopy*, Advanced Materials Research Vol. 633 (2013) pp 209-223, Trans Tech Publications, Switzerland doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.633.209

Рад у међународном часопису, M23

3. **I. Hut**, B. Jeftić, L. Matija, Z. Cojbasic, Dj. Koruga, *Machine Learning Classification of Cervical Tissue Liquid Based Cytology Smear Images by Optomagnetic Imaging Spectroscopy*, Technical Gazette, 26(6), 2019, pp. 1694-1699, ISSN 1848-6339, DOI: 10.17559/TV-20190528192618 (IF 2019: 0.670, KoBSON)

Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком, M24

4. **I. Hut**, J. Muncan, B. Jeftić, S. Dogramazi, L. Matija, *Multivariate analysis and self organizing feature maps applied for data analysis of opto-magnetic spectra of water*, FME Transactions, Volume 42, p. 256-262, 2014., ISSN: 1451-2092

Саопштење са међународног скупа штампано у целини, M33

5. K. Colic, **I. Hut**, A. Sedmak, N. Gubelj, M. Burzic: *3D Experimental Optical Analysis of Titanium Alloys for Biomedical Applications*, 15th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems 2011 (INES 2011), Poprad, Slovakia, June 23-25, 2011. DOI:10.1109/INES.2011.5954780
6. D. Stevic, **I. Hut**, N. Dojčinović, J. Joković, *Automated Vegetation Classification for LANDSAT 7 Multispectral Images*, XLVIII International Scientific Conference On Information, Communication and Energy Systems And Technologies ICEST 2013, Macedonian Ministry of Education and Science in cooperation with Macedonian IEEE section, 26 - 29 June 2013, Ohrid, Republic of Macedonia; Proceedings of Papers, vol.2, p. 597, ISBN: 978-9989-786-90-7

Саопштења на међународним скуповима штампана у изводу, M34

7. B. Jeftić, **I. Hut**, D. Mladenović, J. Muncan, Z. Golubović, D. Šarac, *Characterization of solid, viscoelastic and liquid materials by Opto-magnetic spectroscopy*, Thirteenth annual conference of the Materials Research Society of Serbia YUCOMAT, Book of Abstract, Herceg Novi, Montenegro, 2011, p. 136.
8. **I. Hut**, Đ. Grga, M. Marjanović, D. Šarac, Lj Petrov, Đ. Koruga, *Characterization of microbial morphotypes in dental calculus deposits by nano probe microscopy and opto-magnetic spectroscopy*, Yucomat 2012 – fourteenth annual conference, Herceg Novi, Montenegro, September 2012. The Book of Abstracts p. 106.
9. B. Jeftić, **I. Hut**, Đ. Koruga, *Opto-magnetic spectroscopy approach for the study of water memory phenomenon*, The fourth international symposium on neurocardiology NEUROCARD, Book of Abstract, September 2012, Beograd, Srbija, p. 96, ISBN 978-973-169-200-5.
10. **I. Hut**, B. Jeftić, A. Dragičević, G. Nikolić, I. Đuričić, M. Marijanović, L. Matija, *Early detection of epithelial tissues cancer based on Opto-magnetic imaging spectroscopy and artificial intelligence algorithms*, The Fifteenth annual conference YUCOMAT 2013, Book of Abstract, Herceg Novi, Montenegro, p. 144 .
11. **I. Hut**, B. Jeftić , S. Pelemis , L. Matija, “*Comparative characterization of high purity diamagnetics (Ag & Cu) by the means of AFM, MFM and OMIS*”, The Seventh International Scientific Conference “Contemporary Materials”, Department of Natural and Mathematical Studies of the Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, BiH, RS, December 22, 2014
12. B. Jeftić, **I. Hut**, I. Stanković (Mileusnić), J. Šakota-Rosić, L. Matija, Đ. Koruga, *Deep Learning Algorithm for Cervical Cancer Detection Based on Images of Optomagnetic Spectra*. XV International scientific conference Contemporary Materials 2022, Banja Luka, September 8-9 2022

13. I. Hut, B. Jeftić, L. Matija, Đ. Koruga, Computer Aided Diagnostic System for Whole Slide Image of Liquid Based Cervical Cytology Sample Classification Using Convolutional Neural Network. XV International scientific conference Contemporary Materials 2022, Banja Luka, September 8-9 2022

Поглавље у књизи, М45

14. L. Matija, A. Tomić, **I. Hut**, *Fizičke osnove svetlosti i percepcija boja*, str. 270-279, u knjizi Rana dijagnostika kancera epitelnog tkiva, ured. Papić-Obradović, M., DonVas, 2012, Beograd, ISSN 978-86-87471-24-5. M. Papić-Obradović, **B. Jeftić**, *Postojeće metode i tehnike dijagnostikovanja kancera epitelnog tkiva grlića materice*, p. 87-100 u knjizi Rana dijagnostika kancera epitelnih tkiva, Papić – Obradović M. (ured.), Don Vas, Beograd, 2012, ISBN 978-86-87471-24-5
15. Đ. Koruga, J. Munćan, **I. Hut**, D. Šarac, Lj. Petrov, *Princip rada aparata i uređaja za optomagnetnu spektroskopiju*, str. 294-308 u knjizi Rana dijagnostika kancera epitelnog tkiva, ured. Papić-Obradović, M., DonVas, 2012, Beograd, ISSN 978-86-87471-24-5

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

За време докторских студија кандидат је показао смисао и знање неопходно да самостално препозна и решава инжењерске и научне проблеме, примењујући савремене истраживачке методе, како експерименталне тако и статистичке, као и да користи расположиву литературу. Резултати досадашњег научног рада доказ су способности кандидата за самосталну научно-истраживачку делатност и успешну израду докторске дисертације са предложеном темом.

2. Предмет и циљ истраживања

Неправилно држање и његов утицај на развој поремећаја мускуло-скелетног система деце представља значајан ризик по јавно здравље [1]. Деца и адолесценти, сходно модерним условима живота, често развијају неколико типичних облика неправилног држања који воде ка мишићном дисбалансу и последично развоју постуралних поремећаја [2], [3]. Овакви поремећаји постуре тела, уколико се на време не идентификују и коригују, могу да доведу до развоја трајних поремећаја који значајно утичу на квалитет живота у каснијем периоду. Постура је дефинисана међусобним положајем сегмената тела у датом тренутку. Правилно држање, одн. постура, је дефинисано као тело у балансу, тако да конфигурација тела обезбеђује минималну потрошњу енергије. Неправилно држање може да доведе до развоја мишићне тензије те последично скраћивања мишића, што опет смањује нормалну покретљивост у зглобовима и често резултује мускуло-скелетним повредама које утичу на способност нормалног обављања животних активности. Асиметрична оптерећења кичме могу довести до различитих поремећаја кичме, између осталог и до развоја сколиозе. Патогенеза идиопатске сколиозе често укључује биомеханичке факторе и утицај околине.

Рано утврђивање и отклањање постуралних дисбаланса може значајно да утиче на спречавање развоја структуралних поремећаја кичме.

Слично важи и за рано откривање већ присутних структуралних поремећаја. Неретко је могуће, кроз различите терапијске модалитете који укључују корективне вежбе, физиотерапију и употребу одговарајућих ортоза спречити даље напредовање или идеално отклонити овакве поремећаје уколико се правилно препознају у раним ступњевима развоја [3], [4].

Деца код које су дијагностиковани деформитети кичменог стуба, релативно често пролазе кроз прегледе који укључују радиографију, како би се пратио развој њиховог стања. Радиографија као метода за процену стања кичме носи са собом извесна ограничења. С обзиром да је у питању пројекциона техника, кривине кичме су представљене својим

пројекцијама на радиографском снимку и квантитивно одређене кроз мерење Кобових углова [5]. Интерпретација овако добијених резултата је често проблематична јер радиографски снимак представља косу пројекцију кичме код које постоје закривљења и увијања у 3Д простору па измерени Кобови углови могу значајно да варирају у зависности од тога како је пацијент позициониран у току снимања, тј. под којим углом рендгенски зраци продиру[5]–[7].

Пацијенти који пате од сколиозе, током живота пролазе кроз бројна радиографска снимања, током којих су изложени релативно високим дозама јонизујућег зрачења. Ово само по себи подиже ризик да се код таквих пацијената развију болести као што су леукемија или карцином дојке. Такође се подиже и ризик од оштећења генетског материјала и последично пропагације конгениталних дефеката на потомство.

Због свега наведеног, од кључне је важности обезбедити благовремену детекцију и праћење поремећаја држања и деформитета кичме у младој популацији коришћењем безбедних метода које са довољном прецизношћу дају неопходне информације.

Циљ истраживања: Циљ овог истраживања је развој платформе базиране на употреби рачунарског вида и вештачке интелигенције, тачније алгоритама машинског учења која би омогућила аутоматизовану детекцију поремећаја држања, те функционалних и структуралних деформитета кичменог стуба типа сколиозе, кифозе и лордозе. Оваква платформа треба да омогући масован скрининг деце предшколског и школског узраста, идеално и од стране немедицинског особља. Крајњи циљ је максимална демократизација оваквог типа скрининга. Сагласно томе специфични циљеви ове дисертације су:

1. Развој протокола снимања и алгоритама за обраду просторне дигиталне слике добијене камером за дубинско снимање (Microsoft Azure Kinect 2).
2. Развој алгоритама за естимацију Кобових углова у сагиталној равни (карактеризација торакалне кифозе и лумбалне лордозе), на основу топографије леђа.
3. Развој алгоритама за естимацију Кобових углова у короналној равни (карактеризација сколиозе) на основу топографије леђа.
4. Развој модела базираних на машинском учењу који треба да омогуће аутоматизацију тумачења резултата и постављања дијагнозе.

2.1. Библиографски извори/Преглед релевантних референци

Проблем адекватног приступа кад је у питању процена стања кичме и постуре, пре свега у популацији деце и адолесцената, је све актуелнији. Тренутни state-of-the-art даје технолошки основ за развој система који би омогућили довољно тачно мерење битних параметара на основу различитих модалитета снимања у видљивом, и блиском инфрацрвеном делу спектра, дакле без јонизујућег зрачења. Међутим, основни предуслов за успешну реализацију оваквих система јесте развој алгоритама и протокола мерења који ће омогућити пуно искоришћење оваквог технолошког потенцијала.

Традиционално, „златни стандард“ за процену сколиозе јесте употреба радиографије[5]–[8]. Упркос доказаној тачности и устаљености у клиничкој пракси, овакав приступ, који подразумева учестало излагање јонизијућем зрачењу [9], [10], посебно код деце и адолесцената који су погођени адолесцентском идиопатском сколиозом (АИС), изазива забринутост. Ово је условило покушаје да се развију методе за карактеризацију сколиозе и генерално анатомског стања кичме засноване на машинском виду, топографским и 3Д имиџинг техникама и примени вештачке интелигенције [11]–[16].

Преглед актуелне научне литературе и радова указује на значајан напредак у аутоматизацији мерења Кобових углова применом алгоритама дубоког учења, пре свега конволуционих неуронских мрежа (КНН). Ово је кључан корак у развоју система за детекцију и карактеризацију деформитета кичме. Аутоматизација ових мерења има за циљ, пре свега, да се смањи варијабилност присутна код актуелних метода за одређивање поменутих

параметара са рендгенских снимака те да се побољша тачност и ефикасност самог процеса постављања дијагнозе [17]–[20]. Развој алгоритама за 3Д моделовање и конструкцију биомеханички тачних модела кичме трасира пут ка реализацији специфичних алата за дијагностику и мониторинг, који би могли да значајно унапреде персонализовани терапеутски приступ и исходе терапије за пацијенте који пате од АИС [21], [22].

Интеграција нових 3Д технологија за скенирање и њихова примена у генерисању детаљних модела кичме без употребе штетног зрачења је од посебног интереса. Ове технологије нуде безбеднију алтернативу за мониторинг, одн. праћење стања, кроз време, покривајући обострано како функционалне тако и естетске импликације поремећаја држања и деформитета кичме, а пре свега сколиозе [19], [23], [24]. Истраживања везана за минималну резолуцију потребну за добијање адекватних 3Д, топографских модела леђа дају битне увиде када су у питању техничке спецификације система који би омогућили ефективан скрининг [11].

Мерења добијена применом метода заснованих на топографији површине леђа су валидирана са аспекта поузданости и поновљивости кроз мултицентричне студије [15]. Међутим прецизност ових мерења још увек није на задовољавајућем нивоу [15].

Да би се превазишла ограничења присутна код свих досадашњих решења неопходно је направити помаке у развоју нових симулационих модела, унапредити алгоритме за обраду облака тачака (енг. point cloud) и интерполираних 3Д реконструкција те анализу релевантних података добијених из ових извора, као и адекватно имплементирати савремене типове модела вештачке интелигенције.

- [1] M. P. Pacheco, P. J. Carvalho, L. Cavaleiro, and F. M. Sousa, “Prevalence of Postural Changes and Musculoskeletal Disorders in Young Adults,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 20, no. 24, 2023, doi: 10.3390/ijerph20247191.
- [2] A. Baranowska, M. Sierakowska, A. Owczarczuk, B. J. Olejnik, A. Lankau, and P. Baranowski, “An Analysis of the Risk Factors for Postural Defects among Early School-Aged Children,” *J. Clin. Med.*, vol. 12, no. 14, 2023, doi: 10.3390/jcm12144621.
- [3] F. Shourie, B. Ghasemi, A. Shafizadeh, S. Bagherian, and E. Verhagen, “The effect of exercise therapy as a tool for preventing and treating musculoskeletal disorders among school-aged children: a randomised controlled trial,” *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 25, no. 1, pp. 1–10, 2024, doi: 10.1186/s12891-024-07510-1.
- [4] M. Kluszczyński, K. Zaborowska-Sapeta, I. Kowalski, and I. Karpel, “The Effectiveness of Early Rehabilitation in Limiting the Progression of Idiopathic Scoliosis,” *J. Clin. Med.*, vol. 13, no. 5, 2024, doi: 10.3390/jcm13051422.
- [5] D. Malfair *et al.*, “Radiographic evaluation of scoliosis: Review,” *Am. J. Roentgenol.*, vol. 194, no. 3 SUPPL., pp. 8–22, 2010, doi: 10.2214/AJR.07.7145.
- [6] G. U. Kim, M. C. Chang, T. U. Kim, and G. W. Lee, “Diagnostic Modality in Spine Disease: A Review,” *Asian Spine J.*, vol. 14, no. 6, pp. 910–920, 2020, doi: 10.31616/ASJ.2020.0593.
- [7] F. R. Santiago, A. J. L. Ramos-Bossini, Y. X. J. Wáng, and D. L. Zúñiga, “The role of radiography in the study of spinal disorders,” *Quant. Imaging Med. Surg.*, vol. 10, no. 12, pp. 2322–2355, 2020, doi: 10.21037/qims-20-1014.
- [8] C. Jin, S. Wang, G. Yang, E. Li, and Z. Liang, “A Review of the Methods on Cobb Angle Measurements for Spinal Curvature,” *Sensors*, vol. 22, no. 9, 2022, doi: 10.3390/s22093258.
- [9] N. Pace, L. Ricci, and S. Negrini, “A comparison approach to explain risks related to X-ray imaging for scoliosis, 2012 SOSORT award winner,” *Scoliosis*, vol. 8, no. 1, pp. 1–7, 2013, doi: 10.1186/1748-7161-8-11.
- [10] M. S. Linet *et al.*, “Cancer risks associated with external radiation from diagnostic imaging procedures,” *CA. Cancer J. Clin.*, vol. 62, no. 2, pp. 75–100, 2012, doi: 10.3322/caac.21132.
- [11] M. Kaiser *et al.*, “Minimal Required Resolution to Capture the 3D Shape of the Human Back—A Practical Approach,” *Sensors*, vol. 23, no. 18, 2023, doi: 10.3390/s23187808.
- [12] X. Jiang, Z. Hu, S. Wang, and Y. Zhang, “A Survey on Artificial Intelligence in Posture

- Recognition,” *C. - Comput. Model. Eng. Sci.*, vol. 137, no. 1, pp. 35–82, 2023, doi: 10.32604/cmescs.2023.027676.
- [13] K. H. Kim, M. J. Sohn, and C. G. Park, “Conformity assessment of a computer vision-based posture analysis system for the screening of postural deformation,” *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 23, no. 1, pp. 1–11, 2022, doi: 10.1186/s12891-022-05742-7.
- [14] B. Mehta *et al.*, “Non-Invasive Assessment of Back Surface Topography: Technologies, Techniques and Clinical Utility,” *Sensors (Basel)*, vol. 23, no. 20, pp. 1–12, 2023, doi: 10.3390/s23208485.
- [15] P. Knott *et al.*, “Multicenter Comparison of 3D Spinal Measurements Using Surface Topography with Those from Conventional Radiography,” *Spine Deform.*, vol. 4, no. 2, pp. 98–103, 2016, doi: 10.1016/j.jspd.2015.08.008.
- [16] T. Kokabu *et al.*, “An algorithm for using deep learning convolutional neural networks with three dimensional depth sensor imaging in scoliosis detection,” *Spine J.*, vol. 21, no. 6, pp. 980–987, 2021, doi: 10.1016/j.spinee.2021.01.022.
- [17] M. Sun *et al.*, “The metaverse in current digital medicine,” *Clin. eHealth*, vol. 5, pp. 52–57, 2022, doi: 10.1016/j.ceh.2022.07.002.
- [18] J. Li, S. Li, Z. Yang, T. Wu, and Y. Hu, “An Automatic Scoliosis Diagnosis Platform Based on Deep Learning Approach,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 215–223, 2022, doi: 10.1145/3512353.3512385.
- [19] Y. Maeda, T. Nagura, M. Nakamura, and K. Watanabe, “Automatic measurement of the Cobb angle for adolescent idiopathic scoliosis using convolutional neural network,” *Sci. Rep.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–9, 2023, doi: 10.1038/s41598-023-41821-y.
- [20] W. Caesarendra, W. Rahmiani, J. Mathew, and A. Thien, “AutoSpine-Net: Spine Detection Using Convolutional Neural Networks for Cobb Angle Classification in Adolescent Idiopathic Scoliosis,” *Lect. Notes Electr. Eng.*, vol. 898, pp. 547–556, 2022, doi: 10.1007/978-981-19-1804-9_41.
- [21] V. Giannoglou and E. Stylianidis, “Review of Advances in Cobb Angle Calculation and Image-Based Modelling Techniques for Spinal Deformities,” *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. III–5, no. July, pp. 129–135, 2016, doi: 10.5194/isprsannals-iii-5-129-2016.
- [22] S. M. Ćuković *et al.*, “Rigid 3d registration algorithm for localization of the vertebral centroids in 3d deformity models of adolescent idiopathic scoliosis,” *Comput. Aided. Des. Appl.*, vol. 17, no. 6, pp. 1313–1325, 2020, doi: 10.14733/cadaps.2020.1313-1325.
- [23] M. Gstöettner, K. Sekyra, N. Walochnik, P. Winter, R. Wachter, and C. M. Bach, “Inter- and intraobserver reliability assessment of the Cobb angle: Manual versus digital measurement tools,” *Eur. Spine J.*, vol. 16, no. 10, pp. 1587–1592, 2007, doi: 10.1007/s00586-007-0401-3.
- [24] A. Thakur *et al.*, “The Effects of Adolescent Idiopathic Scoliosis on Axial Rotation of the Spine: A Study of Twisting Using Surface Topography,” *Children*, vol. 9, no. 5, pp. 0–9, 2022, doi: 10.3390/children9050670.
- [25] J. E. H. Pruijs, M. A. P. E. Hageman, W. Keessen, R. van der Meer, and J. C. van Wieringen, “Variation in Cobb angle measurements in scoliosis,” *Skeletal Radiol.*, vol. 23, no. 7, pp. 517–520, 1994, doi: 10.1007/BF00223081.
- [26] C. A. Grant, M. Johnston, C. J. Adam, and J. P. Little, “Accuracy of 3D surface scanners for clinical torso and spinal deformity assessment,” *Med. Eng. Phys.*, vol. 63, no. xxxx, pp. 63–71, 2019, doi: 10.1016/j.medengphy.2018.11.004.
- [27] L. B. Mookink, H. de Vet, S. Diemeer, and I. Eekhout, “Sample size recommendations for studies on reliability and measurement error: an online application based on simulation studies,” *Heal. Serv. Outcomes Res. Methodol.*, vol. 23, no. 3, pp. 241–265, 2023, doi: 10.1007/s10742-022-00293-9.
- [28] H. Habebh and S. Gohel, “Machine Learning in Healthcare,” *Curr. Genomics*, vol. 22, no. 4, pp. 291–300, 2021, doi: 10.2174/1389202922666210705124359.

3. Полазне хипотезе

Предложено истраживање има за циљ да омогући развој система за аутоматизовани скрининг постуре и стања кичме код деце и адолесцената, а кроз примену машинског вида и вештачке интелигенције. У том смислу извршиће се верификација следећих полазних идеја и претпоставки:

1. Топографија леђа добијена кроз примену дубинских камера у форми облака тачака, уз употребу генерисаног модела скелета, представља довољно тачну репрезентацију реалног стања сниманог субјекта која ће омогућити процену релевантних параметара постуре и стања кичме без примене јонизујућег зрачења.
2. Поред самог облака тачака користиће се и напредне технике за реконструкцију површине леђа, које практично омогућавају добијање континуалне површине уз различите модалитете интерполације. Претпоставка је да ће овако реконструисана 3Д топографија леђа бити довољно верна стварном стању.
3. Развијени протоколи мерења обезбеђују адекватну поновљивост мерења.
4. Примерено велики скуп означених података (више од 1000) омогућиће тренинг дубоких мрежа, одн. развој модела, за естимацију Кобових углова у короналној и сагиталној равни.
5. Претпоставља се да ће развијени модели машинског учења моћи да обезбеде поуздано тумачење података прикупљених снимањем са крајњим циљем потпуне аутоматизације скрининга, и потенцијално постављања дијагнозе.

Хипотезе:

1. **Хипотеза 1 (X1):** Могуће је добити довољно тачну естимацију величине Кобових углова у короналној равни на основу података из облака тачака, упарених са моделом скелета. Довољно тачно у овом случају значи у оквиру генерално прихваћених граница грешке за мерење Кобових углова у короналној равни на радиографским снимцима (златни стандард за евалуацију деформитета кичме) [8], [19], [20], [23], [25]–[27].
2. **Хипотеза 2 (X2):** Могуће је добити довољно тачну естимацију величине Кобових углова у сагиталној равни на основу података из облака тачака, упарених са моделом скелета. Довољно тачно у овом случају значи у оквиру генерално прихваћених граница грешке за мерење Кобових углова у сагиталној равни на радиографским снимцима (златни стандард за евалуацију деформитета кичме) [8], [19], [20], [23], [25]–[27].
3. **Хипотеза 3 (X3):** Развијени модели базирани на машинском учењу омогућиће аутоматизацију препознавања одабраних стања кичме са тачношћу и поузданошћу погодним за клиничку употребу [16], [18]–[20], [28].

4. Научне методе истраживања

Опште научне методе које ће бити примењене у поступку реализације научних резултата (доприноса):

1. **Преглед литературе** (циљ је успоставити солидну теоријску основу и идентификовати празнине у тренутном знању):
 - 1.1. Свеобухватна анализа постојећих истраживања о кичменим деформитетима, процени држања (постуре) и технологијама снимања без јонизујућег зрачења.
 - 1.2. Испитивање претходних примена 2Д и 3Д снимака као и алгоритама машинског учења у медицинском скринингу и дијагностици.
2. **Дизајн експеримената:**

- 2.1. Развој протокола за снимање и обраду просторних дигиталних слика добијених камерама за дубинско снимање (енг. depth camera).
- 2.2. Креирање експерименталних поставки за тестирање тачности и поузданости система за снимање.
- 2.3. Осигуравање робусних процедура за прикупљање података како би се минимизирале појаве пристрасности (енг. bias) и грешке.

3. Прикупљање података:

- 3.1. Обезбеђивање довољно великог и диверзификованог узорка снимањем субјеката како са потврђеним деформитетима и поремећајима држања, тако и оних верификовано здравих како би се обезбедио избалансиран скуп података који ће омогућити добру генерализацију резултата.
- 3.2. Прикупљање и 2Д и 3Д слика ради поређења различитих модалитета снимања.
- 3.3. Прикупљање радиографских снимака и мета-података као што су старост, пол и медицинска историја ради контекстуализације налаза и обезбеђивања скупа означених података.

4. Статистичка анализа:

- 4.1. Коришћење статистичких алата за анализу прикупљених података

Посебне научне методе

1. Развој алгоритама:

- 1.1. Развој алгоритама за процену стања кичме, одн. естимацију Кобових углова на основу топографије леђа (геометријски приступ).
- 1.2. Развој алгоритама машинског и посебно дубоког учења:
 - 1.2.1. Конволуционе неуронске мреже (CNN): Примена CNN за аутоматизовано процењивање постуралног статуса и стања кичме на основу 2Д и 3Д снимака.
 - 1.2.2. Тренинг и валидација: Коришћење великих скупова података за тренинг модела, са ригорозном валидацијом и тестирањем ради осигурања довољно добрих оцена перформанси (тачност, AUC-ROC, F1, сензитивност, специфичност, итд) и робусности.
 - 1.2.3. Оптимизација модела: Примена техника као што су подешавање хиперпараметара, крос-валидација и ансамбл методе ради побољшања перформанси модела.
 - 1.2.4. Дизајнирање специјализованих CNN архитектура прилагођених специфичним изазовима анализе слика кичме.
 - 1.2.5. Интеграција доменског знања у дизајн модела ради побољшања тачности.

2. Валидација и тестирање поузданости:

- 2.1. Интра- и интер-посматрачка поузданост: Процена конзистентности мерења између различитих посматрача и мерења кроз више покушаја.
- 2.2. Поређење са златним стандардом: Поређење нових метода са опште прихваћеним медицинским стандардима у дијагностици поремећаја држања и деформитета кичме.

5. Очекивани научни допринос

Планирани научни допринос ове дисертације имаће значајан утицај на поље аутоматизоване процене постуре и стања кичме, посебно у контексту неинвазивног скрининга код деце и адолесцената. На основу почетних хипотеза и примене наведених метода, очекивани научни резултати овог истраживања укључују:

- Развој и валидацију напредног неинвазивног система за процене постуре и стања кичме код деце и адолесцената. Овај систем користи дубинске камере за снимање

топографије леђа у облику облака тачака, који се упарују са генерисаним моделима скелета. Кроз иновативне методе 3Д реконструкције површине које интерполирају ове облаке тачака у континуалне површине, систем ће обезбедити верну репрезентацију стварног стања кичме субјекта. Ово ће омогућити процену релевантних параметара постуре и стања кичме без употребе јонизујућег зрачења, нудећи безбеднију алтернативу традиционалним радиографским методама уз одржавање клиничке значајности. Истраживањем ће се детаљно испитати тачност и поузданост овог приступа у поређењу са тренутним златним стандардом, осигуравајући његову применљивост у клиничкој пракси.

- Примену модела дубоког учења, посебно конволуционих неуронских мрежа обучених на великим означеним скуповима података, за тачну процену Кобових углова и аутоматизовано откривање стања кичме. Ово омогућава скалабилан масовни скрининг од стране немедицинског особља и рану интервенцију, поготово у срединама са ограниченим ресурсима.

Очекује се да ће развијени систем постићи високу поузданост и тачност у откривању поремећаја држања и кичме. Истраживање ће се фокусирати на обезбеђивање предуслова да развијене технике и модели испуњавају клиничке стандарде за тачност и поузданост, чинећи их погодним за примену у реалним условима и потенцијално трансформишући тренутну праксу у процени здравља кичме.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање у оквиру предложене докторске дисертације ће се реализовати кроз следеће фазе:

- 1. Анализа стања у области процене постуре и детекције деформитета кичме:**
 - Преглед постојећих метода и технологија за детекцију и анализу постуре и деформитета кичме код деце и адолесцената.
 - Испитивање традиционалних дијагностичких приступа, попут радиографије, и повезаних ризика и ограничења, посебно у погледу изложености јонизујућем зрачењу.
 - Анализа постојећих неинвазивних техника, укључујући примену рачунарског вида и машинског учења у процени постуре.
- 2. Преглед и критичка анализа релевантне литературе:**
 - Детаљан преглед литературе која покрива технике рачунарског вида, технологије дубинског снимања и моделе машинског учења примењене у медицинској дијагностици.
 - Критичка анализа претходних истраживања у области аутоматизоване анализе постуре и детекције деформитета кичме, са фокусом на методе које избегавају јонизујуће зрачење.
 - Идентификација празнина у постојећим истраживањима које ће дисертација настојати да попуни, посебно у областима тачности, поновљивости и демократизације процеса скрининга.
- 3. Анализа техника машинског учења и рачунарског вида:**
 - Испитивање различитих алгоритама машинског учења, са фокусом на њихову примену у моделовању стања кичме на основу података из неинвазивних снимака.
 - Анализа техника рачунарског вида за добијање релевантних карактеристика из просторних дигиталних слика, као што је топографија леђа, за процену постуре и деформитета кичме.
- 4. Развој протокола за обраду слика и прикупљање података:**

- Креирање протокола за снимање просторних дигиталних слика помоћу камера за дубинско снимање (нпр. Microsoft Azure Kinect 2).
 - Развој техника за обраду облака тачака и реконструкцију 3Д модела леђа из снимљених слика.
 - Прикупљање и припрема великог скупа означених слика, уз обезбеђивање укључивања различитих стања кичме и нормалне постуре ради робусног тренинга модела.
- 5. Развој алгоритама за процену Кобових углова:**
- Дизајн и имплементација алгоритама за процену Кобових углова у сагиталној и короналној равни на основу топографије леђа.
 - Валидација ових алгоритама у поређењу са традиционалним радиографским методама, уз обезбеђивање да испуњавају неопходне стандарде тачности.
- 6. Развој модела машинског учења за аутоматизовану дијагностику:**
- Тренинг и оптимизација конволуционих неуронских мрежа (CNN) за аутоматизовано тумачење података из снимака ради детекције деформитета кичме.
 - Интеграција доменског знања у моделе машинског учења ради побољшања њихових перформанси у клиничким условима.
- 7. Верификација развијених алгоритама:**
- Верификација тачности и поузданости развијених алгоритама уз коришћење како јавно доступних скупова података, тако и података прикупљених кроз експерименталне поставке.
 - Процена интра- и интер-посматрачке поузданости како би се осигурала конзистентност резултата у различитим условима и код различитих корисника.
- 8. Практично тестирање и експериментална валидација:**
- Имплементација развијених алгоритама и модела у прототип за тестирање у реалним условима.
 - Експериментална валидација система у клиничким или контролисаним условима, са фокусом на његову применљивост за масовни скрининг деце и адолесцената.
- 9. Анализа експерименталних резултата и будући правци истраживања:**
- Детаљна анализа експерименталних резултата ради процене перформанси развијеног система.
 - Дискусија налаза и идентификација области за даља истраживања и развој.
 - Истраживање потенцијалних будућих апликација и побољшања система ради повећања његове ефикасности и употребљивости.

7. Закључак и предлог

На основу анализе пријаве теме докторске дисертације кандидата Игора Хута, дипл. инж. маш., архивиране под евиденционим бројем 1275/1 од 26.08.2024. године, а сходно сагласности Колегијума наставника Катедре за биомедицинско инжењерство 1275/2 од 05.09.2024. године, као и Одлуци Наставно-научног већа број 1275/3 од 19.09.2024. године, Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације закључује да је предложена тема научно утемељена и адекватна за израду докторске дисертације високог ранга, као и да кандидат испуњава све услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Машинског факултета који га квалификују за рад на предметној докторској дисертацији.

Имајући у виду наведено, Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да се **Игору Хуту, дипл. инж. маш.** одобри израда докторске дисертације са темом

РАЗВОЈ СИСТЕМА ЗА АУТОМАТСКУ ПРОЦЕНУ СТАЊА КИЧМЕ И ПОСТУРАЛНОГ СТАТУСА ДЕЦЕ И АДОЛЕСЦЕНАТА, ЗАСНОВАНОГ НА РАЧУНАРСКОМ ВИДУ И ВЕШТАЧКОЈ ИНТЕЛИГЕНЦИЈИ

научна област: **машинско инжењерство** (ужа научна област - **биомедицинско инжењерство**).

На основу Одлуке Наставно-научног већа број 1275/3 од 19.09.2024. године, за **ментора** кандидата Игора Хута, дипл. инж. маш., током рада на предметној докторској дисертацији, Комисија предлаже да буде именована **др Бранислава Јефтић, ванредни професор** Универзитета у Београду – Машинског факултета који у претходних десет година има 8 објављених радова у часописима са импакт фактором са SCI-Web of Science® листе (Образац 3.) и то у домену машинског инжењерства – биомедицинског инжењерства, дакле има све неопходне компетенције у оквиру научне области којој припада тема докторске дисертације, са чиме је Комисија у потпуности сагласна.

С поштовањем,

Београд, 11.10.2024. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
др Лидија Матија, редовни професор
Универзитет у Београду - Машински факултет

.....
др Ивана Станковић, доцент
Универзитет у Београду - Машински факултет

.....
др Оливера Кнежевић, доцент
Универзитет у Београду – Факултет спорта и
физичког васпитања