

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Милице Баце Атанасијевић за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа на својој 886. седници бр. 717/25 од 16.05.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме под насловом „Локализација и карактеризација коштаних структура на радиолошким сликама код педијатријских пацијената“ (енг. „*Localization and characterization of bony structures on radiological images from pediatric patient*“) коју је пријавила Милица Баца Атанасијевић, мастер инжењера електротехнике и рачунарства.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата и одржане усмене одбране теме, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Милица Баца Атанасијевић је рођена 24.10.1996. године у Београду. Завршила је основну школу „20. октобар“ у Београду са одличним успехом. Природно-математички смер у Првој београдској гимназији завршила је 2015. године са одличним успехом. Електротехнички факултет уписала је исте године. Дипломирала је на одсеку Физичка електроника, модул Биомедицинско и еколошко инжењерство, са просеком 8,48. Дипломски рад са темом „Систем за квантитативну процену покретљивости прстију мерењем контактне силе“, који је радила под менторством др Милице Јанковић, одбранила је у јулу 2019. године са оценом 10. У децембру 2019. године, од стране Електротехничког факултета у Београду и компаније *Siemens*, проглашена је за најбољег дипломираног студента на одсеку за Физичку електронику, смер Биомедицинско и еколошко инжењерство. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за биомедицинско и еколошко инжењерство, уписала је у октобру 2019. године. Положила је све испите са просечном оценом 10. Мастер рад са темом „Детекција тумора мозга у сликама магнетне резонанце коришћењем конволуционих неуралних мрежа“ који је радила под менторством др Марка Барјактаровића је одбранила у јулу 2020. године са оценом 10.

Од јесени 2020. године је студент докторских студија Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Фокус тренутног истраживања је у области дигиталне обраде медицинске слике као и примени алгоритама машинског учења. Посебно интересовање је посветила развоју алгоритама за анализу коштаних структура на радиолошким сликама.

Милица Баца Атанасијевић је аутор три рада у часописима од међународног значаја са импакт фактором, једног рада у часопису од националног значаја, као и три рада презентованих на међународним конференцијама.

Током четврте године основних студија, Милица је била стипендиста Иновационог центра Електротехничког факултета у Београду. Похађала је *Hamlyn Winter School on Surgical Imaging and Vision, Imperial College* у Лондону, и као истраживач на размени учествовала је у *CEEPUS* мрежи CIII-AT-0042-17-2122 "Image Processing, Information Engineering & Interdisciplinary Knowledge Exchange".

Од 2019. године поседује сертификат *NI Certified LabVIEW Associate Developer* компаније *National Instruments*. Има искуства са програмским језицима *Python* и *C*, док од осталих софтверских алата добро познаје *Matlab*, *R Studio*, *Arduino IDE*, *Eagle PCB design*, *WordPress*, *Adobe Photoshop*, *Adobe Illustrator*, *MS Office*. Говори енглески и поседује основно знање руског језика.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

Од 2019. године, Милица Баца Атанасијевић је запослена је у Иновационом центру Електротехничког факултету у Београду као истраживач. До сада, кандидаткиња је учествовала на неколико истраживачких и комерцијалних пројеката, од којих су три међународна пројекта, два пројекта за компаније из српске привреде и тренутно је учесник програма развоја науке и технологије Министарства науке, технолошког развоја и иновација:

- Међународни пројекат „Support to Energy Agency of the Republic of Serbia (AERS) for Energy market and network infrastructure data collection and analysis”, уговор бр. 48-00-00108/2020-28, 2022 – данас.
- Национални програм развоја науке и технологије Министарства науке, технолошког развоја и иновација (до 2023. године Министарства просвете, науке и технолошког развоја) Републике Србије, 2021 – данас.
- Комерцијални пројекат „Студија изводљивости за бесконтактни мониторинг спавања применом радарске технологије и референтног мултимодалног система“ за фирму *Novelic доо*, Београд, суфинансирана од стране Фонда за иновациону делатност Републике Србије, иновациони ваучер бр. 760, 2021.
- Комерцијални пројекат „Дигитална фабрикација – рад са 3Д штампачима“ за Бизнис инкубатор удружења за истраживање и развој Ваљево, 2020 – 2021.
- Међународни пројекат програма *Horizon2020 L4MS*, „FOF-12-2017 ICT Innovation for manufacturing SMEs (I4MS), Area 2: Robotics“, бр. 767642, 2019.
- „Развој нових технологија за праћење моторике горњих екстремитета код пацијената са моторним оштећењем“, Програм билатералне сарадње између Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и Министарства иностраних послова Републике Француске у домену научних и техничких истраживања, 2018 – 2019.

На докторским студијама на Електротехничком факултету у Београду, кандидаткиња је положила следеће испите:

1. 19Д061МНМЕ – Мерне методе у нуклеарној, медицинској и еколошкој техници, оцена 10, ЕСПБ = 9
2. 19Д061БСП – Биомедицински сензори и претварачи, оцена 10, ЕСПБ = 9
3. 19Д051НВМ – Неуровизуелизационе методе, оцена 10, ЕСПБ = 9
4. 19Д061НСРН – Нумеричка симулација радијационих и нуклеарних процеса, оцена 10, ЕСПБ = 9
5. 19Д051НМ – Неуралне мреже, оцена 10, ЕСПБ = 9
6. 19Д051МИЕ – Методе и инструментација за електрофизиологију, оцена 10, ЕСПБ = 9

7. 19Д061РКЕ– Радијациона компатибилност електротехничких компоненти, оцена 10, ЕСПБ = 9

Кандидаткиња је завршила и преостале обавезе у току докторских студија:

1. Студијски истраживачки рад у вези докторске тезе I – 24 ЕСПБ, 07.09.2021.
2. Студијски истраживачки рад у вези докторске тезе II – 24 ЕСПБ, 30.09.2022.

Усмена одбрана теме докторске дисертације Милице Баце Атанасијевић је одржана 30.05.2023. у просторијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду пред Комисијом у саставу др Слободан Петричевић, редовни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет, др Владислава Крسمановић, научни сарадник, Иновациони центар Електротехничког факултета у Београду и др Милица Јанковић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет и завршена је са оценом задовољила.

Кандидаткиња је до сада објавила 3 рада у часописима са *SCI* листе (2 категорије M22, 1 категорије M23), 1 рад у часопису националног интереса (катеорија M52) и 3 рада штампана у целости у зборницима међународних конференција (катеорија M33).

Категорија M20 (Радови објављени у часописима међународног значаја)

- [1] **M.M. Badža** and M.Č. Barjaktarović. Segmentation of Brain Tumors from MRI Images Using Convolutional Autoencoder. *Applied Sciences*, 2021, Vol. 11, No. 9. ISSN 2076-3417. <https://doi.org/10.3390/app11094317> (**M22, impact factor: 2.838**)
- [2] **M.M. Badža** and M.Č. Barjaktarović. Classification of Brain Tumors from MRI Images Using a Convolutional Neural Network, *Applied Sciences*, 2020, Vol. 10, No. 6. ISSN 2076-3417. <https://doi.org/10.3390/app10061999> (**M22, impact factor: 2.679**)
- [3] M. Belić, V. Bobić, **M. Badža**, N. Šolaja, M. Đurić-Jovičić and V.S. Kostić. Artificial intelligence for assisting diagnostics and assessment of Parkinson's disease—A review, *Clinical neurology and neurosurgery*, 2019, Vol. 184. ISSN 0303-8467. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2019.105442> (**M23, impact factor: 1.530**)

Категорија M30 (Зборници међународних научних скупова)

- [1] **M. Badža** Atanasijević, T. Radović, M. M. Janković and M. Barjaktarović. Open-Source Application for Mri and Ct Registration Using Homography Transformation. In *Proceedings of the 9th International Conference on Bioinformatics Research and Applications*, 2022, Berlin, Germany, 18-20 September, pp. 111-115. ISBN 978-1-4503-9686-8/22/09. <https://doi.org/10.1145/3569192.3569210> (**M33**)
- [2] **M. Badža**, M. Lazić, J. Živanović, D. Popović, I. Vajs and M. M. Janković. How piano training affects manual dexterity and finger synergy? In *2021 29th Telecommunications Forum (TELFOR)*, Belgrade, Serbia, 2021, Nov 23-24, pp. 1-4, IEEE. ISBN 978-1-6654-2584-1. <https://doi.org/10.1109/TELFOR52709.2021.9653227> (**M33**)
- [3] **M.M. Badža**, M.M. Novičić, M. Đurić-Jovičić, M.M. Janković and M.B. Popović. System for measuring finger force profiles for dexterity assessment. In *2018 26th Telecommunications Forum (TELFOR)*, Belgrade, Serbia, 2018, Nov 20-21, pp. 1-4, IEEE. ISBN 978-86-7466-755-2. <https://doi.org/10.1109/TELFOR.2018.8612000> (**M33**)

Категорија M50 (Радови објављени у часописима националног значаја)

[1] M.M. Badža, M.M. Novičić, M. Durić-Jovičić, M.M. Janković and M.B. Popović. System for measuring finger force profiles for dexterity assessment. Telfor Journal, 2019, Vol. 11, No. 2, pp. 108-113. ISSN 1821-3251. <https://doi.org/10.5937/telfor1902108B> (M52)

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидаткиња је успешно завршила све обавезе предвиђене наставним програмом докторских студија: положила је све испите са просечном оценом 10, а извештаји о студијским истраживачким радовима су усвојени. На усменој одбрани теме докторске дисертације кандидаткиња је презентovala стање у области предложене теме докторске дисертације, предмет, циљ, методологију и план истраживања, као и очекиване научне доприносе. Кандидаткиња је показала да поседује вештине и способности за достизање постављених циљева и доприноса истраживања.

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада и оствареног искуства, може се констатовати да кандидаткиња Милица Баца Атанасијевић поседује истраживачко искуство у области дигиталне обраде слике и у ужем смислу обраде биомедицинске слике, као и примене метода машинског учења, које је квалификује за израду предложене докторске дисертације и каснију одбрану.

2. Предмет и циљ истраживања

Медицинско сликање се у протеклим деценијама показало као кључни алат у дијагностици различитих врста болести. У циљу карактеризације болести, често је потребно прикупити слике помоћу више модалитета сликања, како би се обезбедиле додатне и комплементарне информације [1,2]. Компјутеризована томографија (CT, енг. *Computed Tomography*) даје детаљан увид у структуре тврдог ткива, као што су структура костију или калцификације тумора, као и мапе радио-густине ткива изражене у Хаунсфилдовим јединицама. С друге стране, CT не нуди довољно информација о меком ткиву, а поред тога повећава ризик од секундарних тумора, посебно код педијатријских пацијената, због излагања јонизујућем зрачењу [1–3]. И поред тога, код извесног броја педијатријских пацијената CT дијагностика је неопходна због посттрауматских повреда главе или различитих урођених и стечених стања која захтевају неурохируршку или максилофацијалну санацију. Сликање магнетном резонанцом (MR, енг. *Magnetic Resonance*), с друге стране, представља неинвазивни модалитет који даје слике са високом резолуцијом контраста у регији мозга и за мека ткива, а не користи јонизујуће зрачење [3]. Међутим, одређивање коштаних структура из MR слика је посебно изазовно због нејасних граница између костију и ваздуха, ниског односа сигнал-шум и ефекта делимично захваћене запремине [1,2].

Краниосиностоza је развојна краниофацијална аномалија, која резултира оштећењем развоја мозга и абнормалним обликом лобање, а погађа од 0,4% до 0,5% рођене деце [6]. Патологија се јавља код деце до 24 месеца старости и изазвана је прераним нефизиолошким затварањем једног или више кранијалних шавова, односно сутура. Ове сутуре представљају простор где се кранијалне кости спајају у јединствену структуру лобање која настаје тек у одраслом добу. Прерано затварање сутура доводи до асиметричног и неравномерног раста лобање, који резултира и неравномерним растом делова мозга, повећањем интракранијалног притиска и неправилним развојем нервног и респираторног система детета. Из тог разлога, рана дијагностика и лечење краниосиностоze су од великог значаја.

Постављање дијагнозе краниосиностоze захтева детаљно испитивање тродимензионалних CT слика и уочавање отворених и превремено затворених кранијалних сутура од стране радиолога и неурохирурга [4–7]. Визуелна инспекција и тумачење слика

добити са различитих модалитета медицинског сликања у циљу постављања дијагнозе могу бити субјективни и зависити од искуства радиолога. Анализа слика коју спроводе медицински експерти обухвата и мануелну сегментацију, која је временски захтевна. Применом метода компјутерске визије могуће је спровести аутоматску сегментацију и класификацију промена на медицинским сликама, и на тај начин пружити подршку лекарима у свакодневном праћењу патологија [7–11]. С обзиром на могуће штетне последице примене *CT* сликања код педијатријских пацијената, један од изазова је испитивање могућности његове замене мање инвазивном техником сликања која не користи јонизујуће зрачење [3], као што је *MR* сликање. У циљу унапређења анализе коштаних структура главе у клиничкој пракси, коришћење регистрованих *MR* и *CT* слика за карактеризацију коштаних структура може омогућити директно поређење информација које нуди сваки од ова два модалитета. На основу тако прикупљених сазнања могуће је даље развијање метода компјутерске визије, у правцу трансформације слика једног модалитета у други [1].

У литератури постојање краниосиностозе на волуметријским *CT* сликама анализирано је применом класичних метода дигиталне обраде слике [7]. Поред тога, применом метода машинског учења класификовани су различити типови сагиталне краниосиностозе са *CT* слика [11]. Методама дигиталне обраде слике заснованих на принципима *level sets* методе сегментације су сутуре на волуметријским *CT* сликама [8]. У циљу пружања подршке одлучивању за краниофацијалну дијагностику, потребно је развити метрике за квантификацију малих промена, као и прецизну и аутоматску сегментацију на целокупном тродимензионалном приказу главе, што није обухваћено постојећим истраживањима.

Предмет истраживања је анализа радиолошких слика коштаних структура главе добијених помоћу *CT* и *MR* техника сликања, применом класичних метода дигиталне обраде слика, као и применом метода заснованих на машинском учењу.

Циљ истраживања предложене докторске дисертације је развој квантитативних приступа за подршку краниофацијалној дијагностици педијатријских пацијената применљивих у свакодневној клиничкој пракси.

Значај истраживања огледа се како у научном, тако и у практичном потенцијалу предложених решења, која би унапредила евалуацију стања педијатријских пацијената и послужила као компјутерска подршка радиолозима у краниофацијалној дијагностици. Резултати истраживања би допринели унапређењу тумачења коштаних структура на сликама различитих модалитета, као и бржој и објективнијој локализацији и карактеризацији сутура и костију педијатријских пацијената, кроз информације у виду метрика и визуелних приказа.

Референце:

1. Nie, D.; Trullo, R.; Lian, J.; Wang, L.; Petitjean, C.; Ruan, S.; Wang, Q.; Shen, D. Medical Image Synthesis with Deep Convolutional Adversarial Networks. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* **2018**, *65*, 2720–2730. <https://doi.org/10.1109/TBME.2018.2814538>
2. Ghadimi, S.; Mohtasebi, M.; Abrishami Moghaddam, H.; Grebe, R.; Gity, M.; Wallois, F. A Neonatal Bimodal MR-CT Head Template. *PLoS One* **2017**, *12*, e0166112. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166112>
3. Tajaldeen, A.; Kheiralla, O.A.M.; Alghamdi, S.S.; Alsleem, H.; Al-Othman, A.; Abuelhia, E.; Aljondi, R. Evaluation of Pediatric Imaging Modalities Practices of Radiologists and Technologists: A Survey-Based Study. *J. Multidiscip. Healthc.* **2022**, *15*, 443–453. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S351696>
4. Betances, E.M.; Mendez, M.D.; Das, J.M. Craniosynostosis. In *StatPearls [Internet]*; StatPearls Publishing, 2022.
5. Arzi, B.; Moshaverinia, A.; Verstraete, F.J.M.; Fiani, N.; Nishimura, I. Craniomaxillofacial Disorders and Solutions in Humans and Animals. *J. Dent. Res.* **2018**, *97*, 364–370. <https://doi.org/10.1177/0022034518758017>

6. Kajdic, N.; Spazzapan, P.; Velnar, T. Craniosynostosis - Recognition, Clinical Characteristics, and Treatment. *Bosn. J. basic Med. Sci.* **2018**, *18*, 110–116. <https://doi.org/10.17305/bjbms.2017.2083>
7. Park, H.; Kang, J.; Kim, Y.O.; Lee, S. Automatic Cranial Suture Detection Based on Thresholding Method. *J. Int. Soc. Simul. Surg.* **2015**, *2*, 33–39. <https://doi.org/10.18204/JISSiS.2015.2.1.033>
8. Ghadimi, S.; Moghaddam, H.A.; Grebe, R.; Wallois, F. Skull Segmentation and Reconstruction from Newborn CT Images Using Coupled Level Sets. *IEEE J. Biomed. Heal. informatics* **2015**, *20*, 563–573. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2015.2391991>
9. Wang, R.; Lei, T.; Cui, R.; Zhang, B.; Meng, H.; Nandi, A.K. Medical Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey. *IET Image Process.* **2022**, *16*, 1243–1267. <https://doi.org/10.1049/ipr2.12419>
10. Rayhan, F. Fr-Mrnet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder for Brain Tumor Segmentation with Relu-RGB and Sliding-Window. *Int. J. Comput. Appl.* **2019**, *975*, 8887.
11. You, L.; Zhang, G.; Zhao, W.; R, M.G.; David, L.; Zhou, X. Automated Sagittal Craniosynostosis Classification from CT Images Using Transfer Learning. *Clin. Surg.* **2020**, *5*.

3. Полазне хипотезе

- Могуће је, применом алгоритама за дигиталну обраду слике и напредних алгоритама заснованих на принципима машинског учења, развити методу за локализацију сутура и костију на радиолошким сликама педијатријских пацијената.
- Могуће је развити алат заснован на хомографским трансформацијама за полуаутоматску регистрацију различитих модалитета сликања.
- Могуће је, применом алгоритама за дигиталну обраду слике, развити методу за параметарску и упоредну анализу коштаних структура на сликама добијеним помоћу *CT* и *MR* техника сликања код педијатријских пацијената.

4. Научне методе истраживања

За потребе овог истраживања, а у недостатку доступних онлајн база, биће формиране две нове базе слика у сарадњи са Универзитетском дечијом клиником у Београду. Базе слика ће обухватати различите групе педијатријских пацијената, укључујући контролне и коштане патолошке испитанике. Сlike ће бити у *DICOM* формату и биће прикупљене на основу претходно снимљених испитаника. Поред слика, биће доступне само информације о узрасту испитаника и типу патологије, тј. база ће бити анонимизована.

Прва база слика ће се састојати од *CT* слика најмање 10 контролних испитаника и 10 патолошких испитаника до 24 месеца старости. Приликом одабира испитаника узимаће се у обзир краниофацијална патологија. Друга база слика ће се састојати од *MR* и *CT* слика најмање 15 контролних и 15 патолошких испитаника. Приликом одабира испитаника узимаће се у обзир само они за које постоје слике оба модалитета, забележене у периоду не дужем од 3 месеца.

Развој метрика и алгоритама заснованих на методама дигиталне обраде слике и машинског учења ће бити реализовани у програмском језику *Python* уз коришћење доступних библиотека (*OpenCV*, *TensorFlow*, *NumPy*, *Scikit-Learn*, и друго).

5. Очекивани научни допринос

У оквиру предложене докторске дисертације биће развијени дигитални алати који пружају подршку радиолозима у праћењу краниофацијалног стања педијатријских пацијената. Очекивани научни доприноси обухватају:

- увођење методе за аутоматску анотацију и карактеризацију сутура и костију на сликама добијеним са *CT* скенера, која омогућава објективно праћење стања и/или ефеката хируршке терапије код педијатријских испитаника;
- увођење приступа за локализацију сутура и костију на сликама добијеним са *CT* скенера, који даје основу за развој алгоритама заснованих на напредним методама машинског учења;
- увођење приступа за полуаутоматску регистрацију слика различитих модалитета, заснован на хомографским трансформацијама, који је робустан на промене у условима сликања (нпр. различити временски тренуци, различити техничари, померање и положај испитаника, и друго);
- боље разумевање карактеристика приказа коштаних структура код различитих модалитета сликања;
- креирање јавно доступних база слика (оригиналних и постпроцесираних), које ће обухватати различите групе педијатријских испитаника, укључујући коштано здраве и коштано патолошке.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање у оквиру предложене докторске дисертације ће бити спроведено у неколико фаза:

1. Преглед литературе – Ова фаза истраживања обухвата спровођење детаљног прегледа и анализе постојеће литературе у вези са:
 - a. Методама за локализацију сутура и костију на *CT* сликама заснованим на принципима дигиталне обраде слике, као и принципима машинског учења;
 - b. Алгоритмима за регистрацију слика различитих модалитета;
 - c. Применама аотираних коштаних сутура на сликама различитих модалитета и на различитим групама педијатријских испитаника.
2. Развој нових алгоритама за локализацију коштаних структура – Ова фаза истраживања обухвата имплементацију различитих метода на *CT* сликама код педијатријских испитаника:
 - a. Имплементација различитих алгоритама заснованих на принципима дигиталне обраде слике;
 - b. Имплементација различитих метода заснованих на принципима машинског учења, попут имплементације различитих архитектура конволуционих неуралних мрежа.
3. Упоредна анализа коштаних структура на сликама педијатријских испитаника добијеним различитим модалитетима сликања – Ова фаза истраживања обухвата:
 - a. Развој алата за полуаутоматску регистрацију слика различитих модалитета;
 - b. Развој метода за параметарску и упоредну анализу коштаних структура на сликама;
4. Дисеминација и верификација добијених научних резултата кроз научне публикације у међународним часописима и на међународним конференцијама.
5. Дефинисање будућих праваца истраживања у циљу даље обраде и коришћења формираних база података, као и надограђивање база података и унапређивање развијених алгоритама.

7. Закључак и предлог

На основу изложеног сматрамо да је Милица Баца Атанасијевић подобан кандидат за реализацију предвиђених циљева истраживања. Предложена тема под називом „Локализација и карактеризација коштаних структура на радиолошким сликама код педијатријских пацијената“ (енг. „*Localization and characterization of bony structures on radiological images from pediatric patients*“) је подобна, савремена и практично значајна, јер ће унапредити краниофацијалну дијагностику педијатријских пацијената.

Комисија констатује да предложена тема припада ужој научној области Нуклеарна, медицинска и еколошка техника и да је Електротехнички факултет у Београду матичан за ову научну област, те за ментора израде докторске дисертације предлаже др Милоша Вујисића, ванредног професора Електротехничког факултета у Београду. Уз извештај се прилаже и списак радова др Милоша Вујисића који га квалификује за ментора.

Комисија предлаже Научно наставном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидату Милице Баце Атанасијевић одобри израду докторске дисертације на тему: „Локализација и карактеризација коштаних структура на радиолошким сликама код педијатријских пацијената“ (енг. „*Localization and characterization of bony structures on radiological images from pediatric patients*“).

Дисертација ће бити написана на енглеском језику.

У Београду, 31.05.2023. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Милош Вујисић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Слободан Петричевић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Владислава Крсмановић, научни сарадник
Иновациони центар Електротехничког факултета у Београду



др Милица Јанковић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет