

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
СТУДИЈЕ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТУ  
ДАТУМ: 4.7.2024. године

## ВЕЋУ ЗА СТУДИЈЕ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТУ

**Предмет:** Извештај комисије за оцену докторске дисертације кандидаткиње Катарине Митровић

Одлуком Већа при Универзитету бр. 06-4217/VIII-4132/6-24 JKJ/ од 10.6.2024. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Катарине Митровић** под насловом:

*Интелигентни систем за анализу мигрене са типичном ауром преко података снимљених структуралном магнетном резонанцијом кортекса*

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи:

### РЕФЕРАТ

#### 1. УВОД

##### 1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња Катарина Митровић је школске 2016/17. године уписала докторске академске студије при Универзитету, модул Интелигентни системи. Током студија је положила све испите и испунила све обавезе у вези са студијским истаживачким радом предвиђеним планом и програмом.

Кандидаткиња је пријавила тему докторске дисертације под насловом: *Интелигентни систем за анализу мигрене са типичном ауром преко података снимљених структуралном магнетном резонанцијом кортекса*, а Веће за студије при Универзитету је на седници одржаној 20. новембра 2023. године донело одлуку о именовању чланова комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације под насловом: *Интелигентни систем за анализу мигрене са типичном ауром преко података снимљених структуралном магнетном резонанцијом кортекса*.

На седници Већа за студије при Универзитету одржаној 22. јануара 2024. године, а затим и на седници Већа за интердисциплинарне, мултидисциплинарне и трансдисциплинарне студије одржаној 16. маја 2024. усвојен је извештај комисије за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације под насловом: *Интелигентни систем за анализу мигрене са типичном ауром преко података снимљених структуралном магнетном резонанцијом кортекса*, а за менторе ове докторске дисертације именовани су в. н. сар. Андреј Савић и в. н. сар. Игор Петрушић.

Веће за студије при Универзитету на седници одржаној 10. јуна 2024. године донело одлуку о именовању Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Катарине Митровић под насловом: Интелигентни систем за анализу мигрене са типичном ауром преко података снимљених структуралном магнетном резонанцијом кортекса, у следећем саставу:

1. Др Владан Девеџић, редовни професор  
Катедра за софтверско инжењерство  
Факултет организационих наука, Универзитет у Београду
2. Др Данијела Милошевић, редовни професор  
Катедра за информационе технологије  
Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу
3. Др Марко Даковић, ванредни професор  
Лабораторија за напредну анализу неуроимидинга  
Факултет за физичку хемију, Универзитет у Београду
4. Др Игор Пантић, ванредни професор  
Катедра за медицинску физиологију  
Медицински факултет, Универзитет у Београду
5. Др Александра Радојичић, доцент  
Универзитетски Клинички центар Србије – Клиника за неурологију  
Медицински факултет, Универзитет у Београду

### 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада ужој научној области Интелигентни системи, а како тема има мултидисциплинарни карактер, обухвата две централне области – област медицине и рачунарства. Област медицине, са фокусом на изучавање мигрене са ауром, је пружила оквир за дефинисање предмета овог рада. Област рачунарства, а пре свега подобласт интелигентних система, пружа методолошку основу за имплементацију решења посматраног проблема. Ментори докторске дисертације су в. н. сар. Андреј Савић (ужа научна област Електроника) и в. н. сар. Игор Петрушић (ужа научна област Медицина). Наведени ментори су аутори великог броја научних радова у истакнутим међународним часописима и испуњавају све формалне и законске услове за менторе ове дисертације. Релевантни радови ментора су наведени приликом пријаве теме докторске дисертације.

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

Митровић Катарина је рођена 1991. године у Чачку. Основну школу „Др Драгиша Мишовић“ и Гимназију у Чачку завршила је са одличним успехом. Факултет организационих наука у Београду, смер Информациони системи и технологије уписала је 2010. године, а завршила 2014. године са просечном оценом 9,16. Завршни рад из кога је добила оцену 10,00 је радила из предмета Теорија игара на тему *Бајесове игре и стратешки потези са примерима из кинематографије*. Са завршеним основним студијама стиче звање Дипломирани инжењер организационих наука. Мастер студије на

Факултету организационих наука у Београду, смер Информациони системи и технологије, модул Информациони системи, уписала је 2014. године, а завршила 2015. године са просечном оценом 10,00. Мастер рад из кога је добила оцелу 10,00 је радила на тему *Развој Веб апликације применом комбинације два програмска језика*. Са завршеним мастер студијама стиче звање Мастер инжењер организационих наука. Године 2016. уписала је докторске академске студије на Универзитету у Београду, студијски програм Интелигентни системи. Положила је све испите са просечном оценом 10,00.

За успех постигнут на пријемном испиту за факултет добила је новчану награду од општине града Чачка 2010. године. За постигнут просек добила је новчану награду од Факултета организационих наука 2011, 2012, 2013. и 2014. године. Републичку студентску стипендију је добила 2011. године, а општинску 2012, 2013. и 2014. године.

У новембру 2013. године обавила је стручну праксу на предмету Правне основе информационих система на Факултету организационих наука у сарадњи са МУП-ом РС у трајању од седам дана. У августу 2015. године обавила је стручну праксу у предузећу Слобода А.Д. Чачак, у сектору Економика, организација и информациони системи у трајању од седам дана. Од октобра 2015. године до фебруара 2016. године била је на обуци у фирми CBS Systems у области развоја ЕРП система. Од марта 2016. године ангажована је као сарадник у настави на Факултету техничких наука у Чачку. Од августа 2017. године добија звање асистента. Предмети на којима је ангажована: Програмирање база података, Објектно оријентисано програмирање, Складиштење података и откривање знања, Информациони системи, Информационе технологије, Рачунарске апликације и Увод у информационе системе. Студентска оцелу рада сарадника је 4,79 за период од школске 2019/2020 до 2022/2023 године.

Поседује сертификате Huawei HCIA AI, Oracle Database Programming with PL/SQL, Oracle Database Design and Programming with SQL, ИТ и пословање, Академски интегритет 1, Академски интегритет 2 и Етика и интегритет. Била је члан Комисије за припрему документације за поновну акредитацију студијског програма основних академских студија Информационе технологије 2017. године на Факултету техничких наука у Чачку, члан организационог одбора конференције Technics and Informatics in Education 2018. године у Чачку, секретар катедре за Информационе технологије на Факултету техничких наука у Чачку од 2019. до 2022. године, копредседавајућа на IEEE конференцији International Conference on System Theory, Control and Computing 2019. године у Синаји, Румунија, члан организационог одбора конференције Technics and Informatics in Education 2020. године у Чачку и члан Тима за каријерно вођење на Факултету техничких наука у Чачку од 2022. године. Аутор је и коаутор 23 научна рада. Учесник је на пројектима DigiPsyRes Erasmus+ од 2023. године, Adaptive methods for channel and RF front-end equalization in NOMA systems од 2022. године, Детекција аномалија у видео надзору заснована на 5G edge од 2020. године, Youth new personal & employable skills development од 2020. до 2022. године, Advanced development of hemodialysis system with predictive fluid balance in body for kids од 2020. до 2024. године, Србија на дохват руке – Дигитална трансформација за развој, Програм преквалификације у ИТ, ЈАВА програмирање од 2018. године, Развој курикулума и

наставничких компетенција за предмете на основним академским студијама Информационе технологије акредитоване 2017. године и Инфраструктура за електронски подржано учење у Србији. Године 2022. ангажована је на пројекту фирме Arip, Норвешка, у области вештачке интелигенције.

#### 1.4 Библиографија кандидата

Рад у међународном часопису изузетних вредности – M21a:

- Mitrović, K., Savić, A. M., Radojičić, A., Daković, M., & Petrušić, I. Machine learning approach for Migraine Aura Complexity Score prediction based on magnetic resonance imaging data. *The journal of headache and pain*. 2023. 24(1):169. (IF2022=7.4) doi: 10.1186/s10194-023-01704-z

Рад у истакнутом међународном часопису – M22:

- Mitrović K, Petrušić I, Radojičić A, Daković M, Savić A. Migraine with aura detection and subtype classification using machine learning algorithms and morphometric magnetic resonance imaging data. *Frontiers in neurology*. 2023; 14. (IF2023=4.086) doi: 10.3389/fneur.2023.1106612

Радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини – M33:

- Mitrović K, Milošević D, Stefanović N. Web Applications Development Using a Combination of Java and Groovy Programming Languages. 6th Informational Conference on Information Society and Technology – ICIST2016. Kopaonik, Serbia. 2016; 2: 359-364.
- Mitrović K, Milošević D, Stefanović N, Milošević M. Grails Application in Entrepreneurship. *Technics and Informatics in Education – TIO2016, Part II – Information and Educational Technologies*. Čačak, Serbia. 2016; 2(18):237-242.
- Šošić S, Ristić O, Mitrović K, Milošević D. Software Testing Course in IT Undergraduate Education in Serbia. 7th International Scientific Conference Technics and Informatics in Education – TIE 2018. Čačak, Serbia. 2018; 224-229.
- Damjanović Đ, Mitrović K. Usability Testing in Human-Computer Interaction Classroom. 7th International Scientific Conference Technics and Informatics in Education – TIE 2018. Čačak, Serbia. 2018; 179-186.
- Bursać M, Milošević D, Mitrović K. Proposed Model for Automatic Learning Style Detecting Based on Artificial Intelligence. 11th International Scientific Conference Science and Higher Education in Function of Sustainable Development – SED 2019. Međavnik – Drvengrad, Užice, Serbia. 2019; 47-54.
- Mitrović K, Milošević D, Greconici M. Comparison of Machine Learning Algorithms for Shelter Animal Classification. *IEEE 13th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics – SACI 2019*. Timisoara, Romania. 2019. doi: 10.1109/SACI46893.2019.9111575

- Mitrović K, Milošević D. Flower Classification with Convolutional Neural Networks. 23rd International Conference on System Theory, Control and Computing – ICSTCC 2019. Sinaia, Romania. 2019; 845-850. doi: 10.1109/ICSTCC.2019.8885580
- Ružičić V, Mitrović K. Knowledge Innovation Trends in the Standardization Field „Road Vehicles Engineering” and „Railway Engineering”. 7th International Symposium NEW HORIZONS of transports and communications 2019. Dobož, Bosna i Hercegovina. 2019.
- Karić K, Radović M, Mitrović K. Development and Evaluation of CATAPEX Tutorial for the Database Practice Course. 8th Scientific International Conference Technics and Informatics in Education – TIE2020. Čačak, Serbia. 2020; 183-188.
- Mitrović K, Milošević D. Classification of Malaria-Infected Cells using Convolutional Neural Networks. IEEE 15th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics – SACI21. Timisoara, Romania. 2021. doi: 10.1109/SACI51354.2021.9465636
- Mitrović K, Milošević D. Pose Estimation and Joint Angle Detection Using Mediapipe Machine Learning Solution. In: Filipovic, N. (eds) Applied Artificial Intelligence: Medicine, Biology, Chemistry, Financial, Games, Engineering. AAI 2022. Lecture Notes in Networks and Systems. 2022; 659. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-031-29717-5\_8
- Blagojević M, Milošević D, Mitrović K, Kostić M, Paripović D. Predicting the Ideal Weight in the Process of Hemodialysis in Children Using Artificial Neural Networks. 1th International Conference „Conference on Advances in Science and Technology“ – COAST2022. Herceg Novi, Montenegro. 2022.
- Karić K, Gaborović A, Blagojević M, Milošević D, Mitrović K, Plašić J. Comparison of regression methods and tools using the example of predicting the success of graduate master’s students in different fields of education. 9th International scientific conference Technics and Informatics in Education – TIE 2022. Čačak, Serbia. 2022. doi: 10.46793/TIE22.237K
- Blagojević M, Milošević D, Mitrović K, Kostić M, Paripović D. Predicting the ideal weight in the process of dialysis in children using regression algorithms. XI international conference of social and technological development – STED 2022. Trebinje, Bosna i Hercegovina. 2022.
- Milošević D, Mladenović V, Blagojević M, Mitrović K. Application of Neural Network Model in Pediatric Hemodialysis for Overhydration Prediction: A Case Study of Artificial Intelligence in Healthcare. 2nd International Conference „Conference on Advances in Science and Technology“ – COAST2022. Herceg Novi, Montenegro. 2023.
- Karić K, Stefanović N, Mitrović K. Prediction of Hotel Reservation Cancellation Based on Machine Learning Models. 2nd International Conference „Conference on Advances in Science and Technology“ – COAST2022. Herceg Novi, Montenegro. 2023.
- Đorđević S, Milošević D, Mitrović K, Kostić M, Cvetković M, Mladenović V. Prediction of Overhydration in the Process of Pediatric Hemodialysis using Artificial Neural Network. IEEE 12th Mediterranean Conference on Embedded Computing – MECO’2023. Budva, Montenegro. 2023. doi: 10.1109/MECO58584.2023.10154915

Радови саопштени на скуповима националног значаја, штампани у целини – М63:

- Ристић О, Митровић К, Урошевић В. Мобилне апликације у учењу алгоритама и структура података. Информационе технологије, образовање и предузетништво – ИТОП2017. Чачак, Србија. 2017; 259-265.
- Ружичић В, Митровић К. Значај иновирања знања у стандардизованој области квалитета. 22. међународна DQM конференција Управљање квалитетом и поузданошћу – ICDQM-2019. Пријевор, Србија. 2019; 149-154.
- Митровић К, Ружичић В, Yigang C, Ming L. Утицај ИоТ на побољшање безбедности учесника у саобраћају применом вештачке интелигенције и детекције аномалних догађаја. YU INFO 2022. Копаоник, Србија. 2022.
- Карић К, Митровић К. Преглед литературе из области паметних, адаптивних и персонализованих окружења за е-учење и технологија учења. YU INFO 2022. Копаоник, Србија. 2022.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом: *Интелигентни систем за анализу мигрене са типичном ауром преко података снимљених структуралном магнетном резонанцијом кортекса*, је написана у складу са прописаним Упутством о облику и садржају докторске дисертације.

Докторска дисертација је написана на српском језику на 109 страна (119 страна са насловним странама, страницом са информацијама о менторима, члановима комисије за одбрану докторске дисертације и датуму одбране, сажецима, биографијом и изјавама) текста куцаног ћириличним писмом и садржи 12 табела, 25 слика и 195 референци које су наведене по абecedном реду првих аутора на раду.

Текст дисертације је организован у оквиру следећих поглавља:

- 1) Увод
- 2) Увод у мигрену: основни концепти и идентификација типова мигрене
- 3) Проучавање феномена мигрене са ауром и савремених приступа у њеној дијагностици и терапији
- 4) Методе прикупљања података за истаживање мигрене са ауром
- 5) Мултидисциплинарни приступ истраживању мигрене са ауром коришћењем интелигентних система
- 6) Методологија прикупљања структуралних података снимљених магнетном резонанцијом кортекса
- 7) Детекција мигрене са ауром и класификација њених подтипова коришћењем алгоритама машинског учења и података са морфометријске магнетне резонанције
- 8) Предикција скора комплексности мигренске ауре заснована на машинском учењу и подацима магнетне резонанције

9) Закључак

10) Литература

На почетку дисертације су дати: насловна страна на српском и енглеском језуку, подаци о менторима и члановима комисије и сажетак дисертације на српском и енглеском језуку. После поглавља Литература приказана је биографија кандидата и три писане изјаве (изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу).

## 2.2. Кратак опис појединачних поглавља

У уводном поглављу је дат опис значаја истраживања мигрене, као и основне информације о мигрени. Приказан је историјат вештачке интелигенције са фокусом на машинско учење. Описан је предмет истраживања докторске дисертације, наведени су циљеви истраживања, хипотезе докторске дисертације, описана је мултидисциплинарност теме, наведен је научни допринос истраживања и дат је опис садржаја докторске дисертације.

У другом поглављу дат је увод у мигрену и описани су основни концепти који се односе на овај појам. Поред тога, наведени су и укратко описани типови мигрене. Приказана је статистика о мигрени укључујући преваленцију и демографске карактеристике ове болести. Дат је преглед основних окидача и фактора ризика који имају утицај на мигрену.

Треће поглавље посвећено је проучавању феномена мигрене са ауром, као једног од основних подтипова мигрене. Дат је преглед преваленције и демографске статистике која је у вези са мигреном са ауром. Истакнути су окидачи напада овог типа мигрене, као и његови основни симптоми и карактеристике. Наведени су и описани подтипови мигрене са ауром и симптоми којима је сваки од подтипова праћен. Након тога, објашњен је начин успостављања дијагнозе мигрене са ауром и објашњени су дијагностички критеријуми. Даље, наведене су неке од популарних метода лечења мигрене са ауром. Описан је концепт скорга комплексности мигрене са ауром. На крају овог поглавља, наведен је правац истраживања и остварени и потенцијални напреси у области мигрене са ауром.

Четврто поглавље се односи на методе прикупљања података за истраживање мигрене са ауром. Подаци су подељени у две велике групе – структуралне и функционалне податке кортекса, и за сваку групу података наведени су најчешће коришћени начини прикупљања података у контексту изучавања мигрене са ауром. Сваки вид прикупљања података је укратко описан и сликовито приказан. Акцент је стављен на прикупљању структуралних података путем снимања церебралног кортекса магнетном резонанцијом и описана је улога структуралне магнетне резонанције церебралног кортекса у изучавању мигрене.

У петом поглављу описан је мултидисциплинарни приступ истраживању мигрене са ауром коришћењем интелигентних система. Објашњен је појам машинског учења и дат је

преглед коришћених алгоритама машинског учења за проблеме класификације и регресије. Сваки алгоритам је детаљно описан и дата је њихова математичка репрезентација. Поред тога наведени су основни хиперпараметри сваког алгоритма чије се подешавање вршило у оквиру тренирања алгоритама. Затим, описане су методе селекције атрибута имплементираних у оквиру ове докторске дисертације. Наведене су и објашњене коришћене методе евалуације, као и метрике перформанси алгоритама. На крају поглавља наведене су актуелне примене и изазови машинског учења у контексту истраживања мигрене.

Методологија прикупљања структуралних података снимљених магнетном резонанцијом кортекса примењена у истраживањима ове докторске дисертације описана је у шестом поглављу. Детаљно су описани параметри кортекса добијени на основу података снимљених путем структуралне магнетне резонанције церебралног кортекса. Објашњен је поступак обраде података и наведена је хардверска конфигурација коришћена за обраду података.

У седмом поглављу описано је истраживање у оквиру кога је спроведена детекција мигрене са ауром и класификација њених подтипова коришћењем алгоритама машинског учења и података са структуралне магнетне резонанције церебралног кортекса. Опис обухвата уводну реч, методологију истраживања, резултате истраживања, опсежну дискусију и закључке изведене из студије.

У осмом поглављу описано је истраживање у оквиру кога је спроведена предикција скорга комплексности мигренске ауре заснована на машинском учењу и подацима снимљеним путем структуралне магнетне резонанције церебралног кортекса. Опис обухвата уводну реч, методологију истраживања, резултате истраживања, опсежну дискусију и закључке изведене из студије.

Девето поглавље се односи на закључак докторске дисертације, након чега је наведена коришћена литература и биографија кандидата.

Десето поглавље садржи списак референци цитираних у докторској дисертацији.

После десетог поглавља приказане су биографија кандидата и три писане изјаве (изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу).

### **3. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

#### **3.1 Приказ научних доприноса**

Научни допринос докторске дисертације се огледа у следећем:

- Интеграција медицинских и рачунарских наука – Рад обједињује знање из медицине и напредних техника машинског учења како би се обезбедила робуснија идентификација и валидација маркера за мигрену са типичном ауром. Поред тога, овај рад истражује примену модела машинског учења у



дијагностичке и класификационе сврхе. Овај интердисциплинарни приступ омогућава нове перспективе и боље разумевање мигрене са типичном ауром.

- Идентификација неурорадиолошких обележја која значајно доприносе класификацији на здраве и особе са мигреном са типичном ауром на основу података добијених структуралном магнетном резонанцијом кортекса.
  - Идентификација неурорадиолошких обележја која значајно доприносе класификацији на особе са једноставном и комплексном мигреном са типичном ауром на основу података добијених структуралном магнетном резонанцијом кортекса.
  - Идентификација неурорадиолошких обележја која значајно доприносе предикцији комплексности мигрене са типичном ауром заснованој на скоровању комплексности мигрене са типичном ауром и на основу података добијених структуралном магнетном резонанцијом кортекса.
  - Креирање модела који са тачношћу преко 97% врши класификацију пацијената који болују од мигрене са типичном ауром, као и класификацију на пацијенте са једноставном и комплексном мигрене са типичном ауром на основу података добијених структуралном магнетном резонанцијом кортекса.
  - Креирање модела који са коефицијентом детерминације 0.89 врши предикцију комплексности мигрене са типичном ауром засновану на скоровању комплексности мигрене са типичном ауром и на основу података добијених структуралном магнетном резонанцијом кортекса.
- Побољшање тренутних метода лечења – Резултати ове дисертације могу имати значајан утицај на клиничку праксу, омогућавајући ранију и прецизнију детекцију мигрене са типичном ауром, њених подтипова и нивоа комплексности. То може допринети унапређењу постојећих метода лечења, што затим може побољшати квалитет живота пацијената.
  - Допринос употребљивости и поновљивости истраживања – Применом вештачке интелигенције и техника машинског учења, ова дисертација настоји да учврсти резултате претходних студија, смањујући варијабилност резултата и повећавајући репродуктивност истраживања у овој области.

Резултати овог истраживања демонстрирају високу тачност у детекцији мигрене са ауром, класификацији њених подтипова и предикцији нивоа комплексности. Резултати сугеришу да напредни алгоритми машинског учења значајно превазилазе традиционалне статистичке методе корелације у овом контексту. Резултати указују на абнормалности у различитим параметрима кортекса особа са мигреном у односу на здраве контроле, као и особа са мигреном са ауром различите комплексности, наглашавајући потенцијални утицај ових сазнања на тренутне методе лечења. Напредни алгоритми селекције атрибута идентификују различита кортикална обележја која су широко распрострањена у мозгу која указују на ниво комплексности мигрене са ауром. Ова налази могу послужити као основа за будуће проучавање мигрене са ауром и развој дијагностике и терапије за различите подтипове ове болести. Ова докторска дисертација представља значајан корак напред у разумевању и лечењу мигрене са типичном ауром

кроз иновативну употребу вештачке интелигенције, постављајући темеље за будућа истраживања и примене у клиничкој пракси.

### 3.2 Верификација научних доприноса

Научни доприноси докторске дисертације верификовани су у следећим радовима:

Рад у међународном часопису изузетних вредности – M21a:

– Mitrović, K., Savić, A. M., Radojičić, A., Daković, M., & Petrušić, I. Machine learning approach for Migraine Aura Complexity Score prediction based on magnetic resonance imaging data. *The journal of headache and pain*. 2023. 24(1):169. (IF2022=7.4) doi: 10.1186/s10194-023-01704-z

Рад у истакнутом међународном часопису – M22:

– Mitrović K, Petrušić I, Radojičić A, Daković M, Savić A. Migraine with aura detection and subtype classification using machine learning algorithms and morphometric magnetic resonance imaging data. *Frontiers in neurology*. 2023; 14. (IF2023=4.086) doi: 10.3389/fneur.2023.1106612

## **4. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### 4.1 Савременост и оригиналност дисертације

У докторској дисертацији Катарина Митровић је разматрала веома актуелан проблем анализе мигрене са типичном ауром коришћењем машинског учења и података добијених структуралном магнетном резонанцијом кортекса. Испитивање структуралних промена коришћењем модела заснованих на машинском учењу представља оригиналан начин за проналажење и развој нових, унапређених метода и техника за детекцију различитих фенотипова мигрене са ауром. Кроз тај процес, циљ је био не само откривање ових фенотипова, већ и креирање платформе која омогућава бољу класификацију мигрене, валидацију маркера и оптимизацију терапије за пацијенте са овим обликом мигрене. С обзиром да је мигрена са ауром у врху онеспособљавајућих неуролошких обољења, напредак у разумевању патофизиолошких механизма који доводе до хетерогености манифестовања ове болести је од изузетне важности. Поред тога, фокус дисертације био је и проналажење региона мозга код којих се могу појавити промене уколико је присутна мигрена са ауром одређене сложености, а самим тим и проналажења маркера који би помогли у дијагнози мигрене са ауром и степена њене сложености. Примена савремених метода анализе заснованих на вештачкој интелигенцији довела је до идентификовања важних предиктора комплексности мигрене са ауром код оболелих особа.

Иако су спроведена важна истраживања у оквиру неколико студија, варијабилност резултата и потреба за додатном валидацијом предложених маркера за мигрену са ауром указују на недостатак чврстих закључака. Алгоритми машинског учења коришћени су

за идентификацију региона мозга укључених у нападе мигрене и за испитивање промена у мозгу на основу којих се могу разликовати пацијенти са мигреном од здравих особа. Међутим, мањи број студија има за фокус имплементацију таквих модела за решавање проблема дијагнозе и класификације мигрене са ауром. Интеграција знања из области медицине у домену истраживања мигрене са ауром и модерних техника вештачке интелигенције, тј. машинског учења, представља оригиналан искорак који долази до нових сазнања у овој области.

#### 4.2 Осврт на коришћену литературу

Кандидат је опсежним прегледом литературе показао да је проучио радове у области мигрене са типичном ауром, структуралних података са акцентом на податке снимљене структуралном магнетном резонанцијом кортекса, као и област интелигентних система са фокусом на подобласт машинског учења. Излагање у тези показује да је Катарина Митровић одлично разумела проблеме који нису били решени претходним истраживањима. Истовремено, избор литературе који је коришћен за креирање методологије у изради истраживања и касније дискутовања добијених резултата показује зрелост и способност кандидата да се самостално бави научним радом и дисеминацијом резултата тог рада.

#### 4.3 Применљивост добијених резултата

У тези је дат детаљан приказ примене научних резултата, и то на начин који даје другим клиничарима и истраживачима могућност да примене наведену методологију и инструментацију на оптималан начин. Резултати ове докторске дисертације могу имати значајан потенцијал у дијагнози мигрене са ауром и класификацији њених подтипова, што може да унапреди тренутне методе лечења мигрене са ауром. Остварени резултати се могу даље надоградити интеграцијом коришћене инструментације у центрима који се бави проучавањем и лечењем мигрена. Резултати ове дисертације могу значајно утицати на клиничку праксу, омогућавајући ранију и прецизнију дијагнозу мигрене са типичном ауром и њених подтипова, што може допринети унапређењу постојећих терапија, а самим тим и побољшању квалитета живота пацијената.

#### 4.4 Допринос научним сазнањима у области

Докторска дисертација је направила научни допринос у области изучавања мигрене са типичном ауром, њене дијагнозе и предикције њене комплексности коришћењем модерних техника вештачке интелигенције. Иако су претходна истраживања пружила важне увиде, овај рад се истиче интеграцијом знања из медицине и напредних техника машинског учења, обезбеђујући робуснију валидацију маркера за мигрену са типичном ауром. Рад истражује директну примену модела машинског учења у дијагностичке и класификационе сврхе, развијајући интелигентни систем који прецизно разликује пацијенте са мигреном са типичном ауром од здравих особа, класификује подтипове мигрене са типичном ауром и врши предикцију скора комплексности мигренске ауре. Поред тога, дисертација настоји да учврсти резултате претходних студија, смањујући варијабилност резултата и повећавајући репродуктивност истраживања у овој области,

чиме представља значајан корак напред у разумевању и лечењу мигрене са ауром. Штавише, научни допринос докторске дисертације се огледа и у откривању биомаркера за будућа истраживања која могу довести до побољшања и персонализације метода лечења. Такође, докторска теза указује на значај мултидисциплинарног приступа у дијагностици подтипова мигрене са ауром.

#### 4.5 Опис и адекватност примењених научних метода

Теза је написана на начин који омогућује да заинтересовани могу да понове и провере резултате. Излагање у тези је јасно и довољно детаљно. Приказ испитивања и дискусија резултата су дати на начин који омогућава заинтересованим истраживачима у области медицине и рачунарства да наставе да унапређују методе за детекцију мигрене са типичном ауром, класификацију њених подтипова, предикцију скора комплексности мигренске ауре, као и детекцију и валидацију фенотипова мигрене са типичном ауром.

Примењене методе истраживања су поштовале све норме рада засноване на доказима. Све процедуре у овој студији које укључују људе као субјекте истраживања су у складу са етичким стандардима институционалног и/или националног истраживачког комитета и са Хелсиншком декларацијом из 1964. године и њеним каснијим амандманима или упоредивим етичким стандардима. Прикупљање података је одобрено од стране Етичког одбора Клинике за неурологију. Добијен је пристанак свих испитаника за учешће у истраживању.

#### 4.6 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Катарина Митровић је показала да је у стању да се самостално, али и у тиму, бави научним радом у области рачунарства и медицине. Ова тврдња следи из личног познавања кандидата, али и због увида у резултате које је кандидат публиковао у научним часописима међународног значаја који имају анонимну рецензију.

### **5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Докторска дисертација коју смо прегледали показује потпуну научну зрелост кандидаткиње Катарине Митровић. У тези су прецизно, али и концизно и јасно приказани резултати вишегодишњег истраживања. Основни доприноси се огледају у: 1) обједињавању знања из медицине и напредних техника машинског учења за робуснију идентификацију и валидацију маркера мигрене са типичном ауром, истражујући њихову примену у дијагностици и класификацији, чиме се омогућавају нове перспективе и боље разумевање ове болести, 2) побољшању клиничке праксе за ранију и прецизнију детекцију мигрене са типичном ауром, њених подтипова и нивоа комплексности, чиме се могу унапредити постојеће методе лечења и побољшати квалитет живота пацијената и 3) смањењу варијабилности и повећању репродуктивности резултата претходних истраживања.

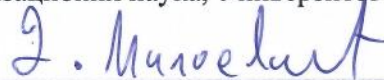
Резултати који су основа ове тезе су приказани у часописима са високим импакт фактором у којима постоји анонимна рецензија бар два експерта. Теза је према правилима која важе на Универзитету у Београду контролисана и софтверски проверена и није установљен плагијаризам. Комисија сматра да је теза оригиналан научни допринос који би према правилима која важе на препознатим светским универзитетима задовољио критеријуме да буде прихваћен као докторска дисертација. Кандидат је положио све испите и задовољава све услове за стицање доктората на Универзитету у Београду.

На основу свих претходних чињеница и праћења рада кандидата доле потписана Комисија предлаже већу Универзитета у Београду да се докторска дисертација под насловом: *Интелигентни систем за анализу мигрене са типичном ауром преко података снимљених структуралном магнетном резонанцијом кортекса*, кандидаткиње Катарине Митровић прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање надлежним органима.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:



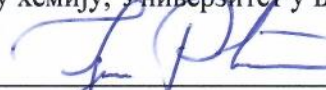
Др Владан Девичић, редовни професор  
Катедра за софтверско инжењерство  
Факултет организационих наука, Универзитет у Београду



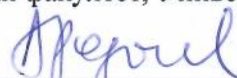
Др Данијела Милошевић, редовни професор  
Катедра за информационе технологије  
Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу



Др Марко Даковић, ванредни професор  
Лабораторија за напредну анализу неуроимидинга  
Факултет за физичку хемију, Универзитет у Београду



Др Игор Панћић, ванредни професор  
Катедра за медицинску физиологију  
Медицински факултет, Универзитет у Београду



Др Александра Радојичић, доцент  
Универзитетски Клинички центар Србије – Клиника за неурологију  
Медицински факултет, Универзитет у Београду