

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Владиславе Бобић, мастер инжењера електротехнике и рачунарства за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 5014/15-1 од 30.09.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Владиславе Бобић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Систем за подршку одлучивању, евалуацију и праћење стања пацијената оболелих од неуродегенеративних болести“

Комисија се усагласила да се предложени наслов теме „Системи за подршку одлучивању, евалуацију и праћење стања пацијената оболелих од неуродегенеративних болести“ коригује на „Систем за подршку одлучивању, евалуацију и праћење стања пацијената оболелих од неуродегенеративних болести“

Коригована тема докторске дисертације на енглеском: “Decision-support system for assessment of patients with neurodegenerative disorders”

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидаткиња Владислава Бобић рођена је 11.10.1991. године у Београду, где је завршила основну школу и гимназију са одличним успехом и оба пута била награђена Вуковом дипломом.

Владислава је 2010. године уписала Електротехнички факултет у Београду. У јулу 2014. године је дипломирала на одсеку за Физичку електронику, смер за Биомедицински и еколошки инжењеринг, са просечном оценом 9,33. Са оценом 10 је одбранила дипломски рад на тему „Анализа електроенцефалографских сигнала снимљених током функционалне електричне стимулације”, урађен под менторством проф. др Мирјане Поповић. У децембру 2014. године добила је награду Електротехничког факултета Универзитета у Београду за најбољег дипломираног студента на одсеку за Физичку електронику, смер Биомедицинско и еколошко инжењерство за школску годину 2013/2014 годину. Мастер студије на истом факултету је уписала у октобру 2014. године на модулу за Биомедицинско и еколошко инжењерство и завршила их са просечном оценом 10,00. Мастер рад на тему „Квантитативна процена моторног обрасца фингер тапинг теста код особа са моторним дефицитом” одбранила је у јулу 2015. године под менторством проф. др Мирјане Поповић. Докторске

студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу за Управљање системима и обраду сигнала, уписала је у новембру 2015. године. До сада је испунила све студијске обавезе и положила све испите са просечном оценом 10,00.

Владислава је током основних и мастер студија била корисник „Стипендије за изузетно надарене студенте“ коју додељује Министарство просвете, науке и технолошког развоја, док је на почетку докторских студија била награђена стипендијом за студенте докторских студија Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

На почетку докторских студија, Владислава је ангажована као истраживач приправник у Иновационом центру Електротехничког факултета у Београду д.о.о. (ИЦЕФ) где је и започела и стекла своје истраживачко искуство. Тренутно је ангажована на пројекту основних истраживања Министарства просвете, науке и технолошког развоја #175016 „Ефекти асистивних система у неурорехабилитацији: опоравак сензорно-моторних функција“. До сада, Владислава је учествовала на 9 различитих истраживачких и комерцијалних пројеката. Поред истраживачког рада, Владислава је од новембра 2016. године у ИЦЕФ-у била ангажована и као сарадник на развоју пројеката, где је стекла искуство са развојем и организацијом пројектних предлога и администрацијом пројектних активности, као и са активностима у вези са промоцијом науке, научних резултата, интер-институционалне сарадње и иновација. Од маја 2019. године, Владислава је ангажована као оперативни менаџер ИЦЕФ-а. Владислава течно говори енглески и француски језик.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Владислава Бобић уписала је докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду у новембру 2015. године. Током прве две године докторских студија, испунила је следеће испитне и студијске обавезе:

- Испити:
 1. Неуралне мреже, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 2. Класификација и естимација сигнала, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 3. Методе и инструментација за електрофизиологију, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 4. Одабране примене дигиталне обраде слике, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 5. Моторна контрола и рехабилитација, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 6. Вештачка интелигенција, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 7. Одабране методе обраде физиолошких сигнала, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 8. Неуралне протезе, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 9. Технике обраде и препознавања говорног сигнала, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 10. Увод у научни рад, ЕСПБ: 9, оцена: 10
- Додатне обавезе:
 1. Студијски истраживачки рад I
 2. Студијски истраживачки рад II
 3. Научно стручни рад

Кандидаткиња је остварила укупно 120 ЕСПБ бодова са просечном оценом 10,00.

Током мастер и докторских студија, Владислава је започела истраживачки рад у области клиничког инжењерства. Истраживање кандидаткиње има мултидисциплинарни карактер. Од 2014. године учествовала је у неколико научних студија у вези са анализом моторике код пацијената оболелих од неуродегенеративних болести, пре свега Паркинсонове болести. Студије су реализоване у сарадњи са Неуролошком клиником Клиничког центра Србије.

Фокус њеног истраживања је на примени различитих метода обраде сигнала и машинског учења са циљем развоја нових система који могу допринети унапређењу ефикасности клиничког одлучивања, као и евалуацији и праћењу стања пацијената. У свом раду кандидаткиња комбинује примену једноставних сензорских система за ефикасно и несметано праћење покрета горњих и доњих екстремитета са развојем интелигентних алгоритама за обраду и анализу снимљених сигнала. Резултати њеног досадашњег истраживања представљени су у оквиру 14 публикација и то – 2 рада у међународним часописима са SCI листе, 1 рад у међународном часопису, 1 рад у домаћем часопису, 9 радова на међународним конференцијама, 1 рад на домаћој конференцији. Две публикације са међународне конференције IcEtran (објављене 2016. и 2018. године) које презентују резултате у вези са предложеном темом докторске дисертације биле су награђене као најбољи радови секције у оквиру које су представљени, и то су:

- **V. N. Bobić, M. D. Djurić-Jovičić, M. Ječmenica-Lukić, I. N. Petrović, N. Dragašević, V. S. Kostić and M. B. Popović**, "Classification of parkinsonism based on foot tapping test," Proc of the 5th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, Palić, Serbia, 11-14 June, 2018, pp. BT11 1-5. ISBN 978-86-7466-752-1
- **V. N. Bobić, M. D. Djurić-Jovičić, N. Jarrasse, M. Ječmenica-Lukić, I. N. Petrović, S. M. Radovanović, N. Dragašević and V. S. Kostić**, "Frequency analysis of repetitive finger tapping – extracting parameters for movement quantification," Proc of the 3rd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, Zlatibor, Serbia, 13-16 June, 2016, pp. MEI2.2. 1-5. ISBN: 978-86-7466-618-0

Истраживачки пројекти на којима је кандидаткиња била ангажована:

- „Развој паметног система за анализу покрета заснованог на мрежи дистрибуираних сензора на телу“, Програм билатералне сарадње између Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и Немачке службе за академску размену (ДААД). (2019-данас)
- „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-данас)
- „Ефекти асистивних система у неурорехабилитацији: опоравак сензорно - моторних функција“, ОИ #175016, МПНТР, руководилац пројекта: проф. др Мирјана Поповић. (2016-данас)
- „Моторни и немоторни симптоми Паркинсонизма: клиничке, морфолошке и молекуларно-генетичке корелације“, ОИ #175090, МПНТР, руководилац пројекта: Проф. др Владимир Костић. (2015-2016)

Објављени радови кандидата:

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

- [1] **V. Bobić, M. Djurić-Jovičić, N. Dragašević, M. B. Popović, V. S. Kostić and G. Kvašček**. "An Expert System for Quantification of Bradykinesia Based on Wearable Inertial Sensors", *Sensors*, vol. 19, no. 11, pp. 2644, 2019. ISSN 1424-2818. doi.org/10.3390/s19112644

Рад у међународном часопису (M23)

- [1] **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*, pp. 105442, 2019. ISSN 0303-8467. doi.org/10.1016/j.clineuro.2019.105442

Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24)

- [1] **V. Bobić**, M. Djurić-Jovičić, N. Jarrasse, M. Ječmenica-Lukić, I. N. Petrović, S. M. Radovanović, N. Dragašević and V. S. Kostić, "Spectral parameters for finger tapping quantification", *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics*, vol. 30, no. 4, pp. 585-597, 2017. ISSN: 0353-3670. DOI: 10.2298/FUEE1704585B.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

- [1] **V. N. Bobić**, M. D. Djurić-Jovičić, S. M. Radovanović, N. T. Dragašević, V. S. Kostić and M. B. Popović, „Challenges of stride segmentation and their implementation for impaired gait“, Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2018 40th Annual International Conference of the IEEE, IEEE, 2018. Electronic ISSN 1558-4615. DOI: 10.1109/EMBC.2018.8512836
- [2] **V. N. Bobić**, M. D. Djurić-Jovičić, M. Ječmenica-Lukić, I. N. Petrović, N. Dragašević, V. S. Kostić and M. B. Popović, "Classification of parkinsonism based on foot tapping test," Proc of the 5th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, Palić, Serbia, 11-14 June, 2018, pp. BTI1 1-5. ISBN 978-86-7466-752-1
- [3] **V. Bobić** and S. Graovac, "Development, implementation and evaluation of new eye tracking technique" Proc of the 24th Telecommunications Forum, TELFOR 2016, Belgrade, Serbia, 22-23 November, 2016, pp. 372-375. Electronic ISBN 978-1-5090-4086-5. DOI: 10.1109/TELFOR.2016.7818800.
- [4] **V. Bobić**, P. Tadić and G. Kvašček, "Hand gesture recognition using neural network based techniques" Proc of the 13th Symposium on Neural Networks and Applications, Neurel 2016, Belgrade, Serbia, 22-24 November, 2016, pp. 35-38. Electronic ISBN: 978-1-5090-1530-6. DOI: 10.1109/NEUREL.2016.7800104.
- [5] M. Roglić, **V. Bobić**, M. Djurić-Jovičić, M. Djordjević, N. Dragašević and B. Nikolić, "Serious gaming based on Kinect technology for autistic children in Serbia" Proc of the 13th Symposium on Neural Networks and Applications, Neurel 2016, Belgrade, Serbia, 22-24 November, 2016, pp. 39-42. Electronic ISBN 978-1-5090-1530-6. DOI: 10.1109/NEUREL.2016.7800105.
- [6] V. Milanović, S. Nikolić, F. Rajičić, **V. Bobić**, M. Djurić-Jovičić, M. Đorđević, N. Dragašević, M. Cvetanović and B. Nikolić, "aKomunikator: a mobile application for augmented communication of autistic children," Proc of the 3rd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, Zlatibor, Serbia, 13-16 June, 2016, pp. TEI1.3. 1-4. ISBN: 978-86-7466-618-0
- [7] **V. N. Bobić**, M. D. Djurić-Jovičić, N. Jarrasse, M. Ječmenica-Lukić, I. N. Petrović, S. M. Radovanović, N. Dragašević and V. S. Kostić, "Frequency analysis of repetitive finger tapping – extracting parameters for movement quantification," Proc of the 3rd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, Zlatibor, Serbia, 13-16 June, 2016, pp. MEI2.2. 1-5. ISBN: 978-86-7466-618-0
- [8] M. D. Djurić-Jovičić, **V. N. Bobić**, M. Ječmenica-Lukić, I. N. Petrović, S. M. Radovanović, N. S. Jovičić, V. S. Kostić and M. B. Popović, "Implementation of continuous wavelet transformation in repetitive finger tapping analysis for patients with PD," Proc of the 22nd Telecommunications Forum, TELFOR 2014, Belgrade, Serbia, 25-27 November, 2014, pp. 541-544. Electronic ISBN: 978-1-4799-6191-7, IEEE Catalog Number CFP1498P-CDR, DOI: 10.1109/TELFOR.2014.7034466

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

- [1] M. Djurić- Jovičić, M. Ječmenica-Lukić, I. Petrović, S. Radovanović, N. Dragašević, **V. Bobić**, M. Belić and V. S: Kostić, "Quantitative finger tapping assessment based on inertial

sensors-assistance in differential diagnostics of parkinsonism,” Abstracts of the 1st Congress of the European Academy of Neurology, Berlin, Germany, June 2015, pp. 344. Online ISSN: 1468-1331. DOI: 10.1111/ene.12807

Рад у часопису националног значаја (M52)

- [1] V. Bobić and S. Graovac, “Simple and precise commercial camera based eye tracking methodology” *Telfor Journal*, vol. 9, no. 1, 2017, pp. 49-54. ISSN 1821-3251. doi:10.5937/telfor1701049B.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64)

- [1] V. N. Bobić and S. S. Borovac, “Correlation between EEG and EMG signals,” Proc of the 2nd Conference on Human-Machine Interface from Student-to-Student Interface, published by Academic Mind, University of Belgrade - Faculty of Electrical Engineering, Belgrade, Serbia, 20th March, 2015, pp. 25. ISBN: 978-86-7466-542-8.

Кандидаткиња Владислава Бобић је дана 1.10.2019. полагала испит о подобности теме и кандидата (докторски испит) пред комисијом у саставу др Дејан Поповић, академик САНУ, др Милица Ђурић-Јовичић, виши научни сарадник и др Лазар Сарановац, редовни професор. Комисија је оценила да је кандидаткиња Владислава Бобић на том испиту положила са оценом: **задовољила**.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходно оствареног рада и постигнутих резултата, узимајући посебно у обзир научно-истраживачко искуство и успех на докторским студијама, Комисија је стекла увид у научно-истраживачке способности кандидата као и потенцијал да током израде докторске дисертације оствари резултате који могу бити валоризовани од стране међународне научне заједнице. Стога, Комисија сматра да кандидаткиња Владислава Бобић, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, задовољава све потребне услове за пријаву теме докторске дисертације и показује довољан ниво научно-истраживачке зрелости и спремности да ради на изради докторске дисертације са предложеном темом са коригованим називом „Систем за подршку одлучивању, евалуацију и праћење стања пацијената оболелих од неуродегенеративних болести“ (енглески назив: “Decision-support system for assessment of patients with neurodegenerative disorders”).

2. Предмет и циљ истраживања

Данас, напредне и растуће технологије као што су аквизиција и обрада сигнала, препознавање облика, вештачка интелигенција, „носиве“ технологије (енг. *wearable technologies*), проширена и виртуелна реалност, 3Д штампање и друге [1-5], све више се развијају и примењују за потребе здравства. Вештачка интелигенција (ВИ) је широка област и обухвата развој и имплементацију напредних технологија у циљу опонашања когнитивних функција људи [6]. Током последњих неколико година, примена ВИ у различитим областима довела је до значајних достигнућа. Највећи напредак постигнут је у области машинског учења, односно развоју алгоритама који поседују способност да проналазе обрасце и облике унутар података, класификују и предвиђају исходе учењем кроз искуство [6]. Машинско учење и обрада сигнала примењују се за потребе здравства са циљем унапређења дијагностике, праћења и евалуације прогреса болести и ефеката терапије, праћења стања и предикције исхода. Овај тренд све више је присутан и у неурологији, пре свега у дијагностици и мониторингу пацијената оболелих од неуродегенеративних болести као што је Паркинсонова болест [4].

Паркинсонова болест (ПБ) је друга најчешћа неуродегенеративна болест у свету, која погађа преко 10 милиона људи. ПБ је прогресивно неуролошко обољење које погађа централни нервни систем човека и пре свега нарушава моторику људи али се одликује и другим немоторним обележјима [7]. У литератури је применом неуропатолошког испитивања показано да клиничка дијагноза Паркинсонове болести постиже сензитивност и специфичност од 88% и 68%, респективно [8]. Рана дијагноза постиже тачност од 53% у случају пацијената који су показивали очигледан одговор на терапију за Паркинсонову болест, док је у одсуству одговора на терапију правилна рана дијагностика урађена на само 26% пацијената [8]. Дијагностика је још сложенија када се ради о диференцијалној дијагностици типичне Паркинсонове болести и атипичних паркинсонизама. У почетним стадијумима болести, различити облици паркинсонизма одликују се сличним клиничким обележјима са ПБ, али је терапија која се примењује различита. Због свега тога, прецизна дијагностика Паркинсонове болести представља један од најважнијих приоритета у праћењу и лечењу ових пацијената.

Најважнији моторички симптоми ПБ, који погађају горње и доње екстремитете, јесу тремор, брадикинезија, ригидност и постурална нестабилност [7]. Ови симптоми могу бити видљиви од раних стадијума болести и стога значајно утицати и нарушити нормалан живот пацијената. Евалуација ових симптома (процена степена озбиљности и прогреса) представља веома битан део процеса клиничког праћења ових пацијената, због чега је формиран скуп стандардизованих тестова и скала који се користе за процену моторичких и когнитивних способности пацијената.

Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) представља најчешће коришћену скалу за процену степена дегенерације моторичких и когнитивних способности пацијената оболелих од Паркинсонове болести. Трећи део скале посвећен је испитивању моторике и садржи специфициран скуп покрета односно тестова који омогућавају праћење и евалуацију степена озбиљности моторичких симптома Паркинсонове болести [9]. За сваки од покрета дефинисане су инструкције у вези са трајањем и начином извођења, као и скуп критеријума које неуролози користе за процену степена нарушености моторичких образаца. Сваком покрету се даје оцена која може бити у опсегу од 0-нормалан образац до 4-веома нарушен или потпуно онемогућен покрет. У свакодневној клиничкој пракси, клиничари и неуролози евалуацију покрета и процену скала изводе визуелном опсервацијом, што може узроковати субјективно донешене процене и грубу квантификацију стања [10].

У литератури су приказани различити системи који примењују методе обраде сигнала и алгоритме машинског учења у циљу унапређења клиничког одлучивања и мониторинга стања ПБ пацијената. Неки системи базирају се на примени гломазне и скупе инструментације која захтева специјалне услове и простор за снимање (нпр. камера системи и имиџинг технике) и самим тим имају мањи практичан потенцијал за свакодневну клиничку праксу где одлучивање мора бити брзо, ефикасно и прецизно [11]. Коришћење лабела које су субјективно дефинисане, у неким аспектима анализе, пре свега евалуацији стања пацијената и процени степена дегенерације моторике, може унети субјективизацију и у добијене резултате [12]. Развијени системи често се тестирају само на малим групама испитаника које најчешће обухватају групу пацијената само одређеног степена прогреса болести или степена дегенерације моторике. Поред тога, развијени системи често не пружају дубљи и детаљнији приказ проблема нити нуде повратну информацију која клиничарима на интуитиван и разумљив начин пружа увид у све сегменте и аспекте извођења [13].

Предмет овог истраживања односи се на примену различитих метода обраде сигнала и алгоритама машинског учења на сигнаlima снимљеним лаганим, једноставним и приступачним инерцијалним сензорским системима током извођења репетитивних покрета. Циљ истраживања је да се допринесе развоју новог система за подршку одлучивању (енг. *decision-support system*) који ће неуролозима и клиничарима пружити нови асистивни алат и унапредити процес доношења одлуке у поређењу са стандардном клиничком праксом. Развијени систем ће додатно допринети успостављању објективне и квантификоване

евалуације и праћења стања пацијената оболелих од неуродегенеративним болестима, пре свега Паркинсонове болести и атипичних паркинсонизама.

Истраживање је мултидисциплинарног карактера и има вишеструки значај који се огледа у научном али и практичном потенцијалу очекиваних резултата истраживања. Очекивани доприноси истраживања односе се на унапређено и потпуно разумевање покрета који се анализирају и свих промена и специфичности које се могу јавити током извођења, развој нове параметризације која у потпуности описује релеватне карактеристике и промене унутар снимљених сигнала и доприноси објективизацији и унапређењу евалуације и праћења стања ових пацијената, развој новог система за подршку одлучивању који ће се базирати на експертским правилима и алгоритмима машинског учења и пружање графичке и параметарске повратне информације која је клиничарима и неуролозима као крајњим корисницима представљена у интуитивном и разумљивом облику омогућавајући објективно праћење стања и прогреса болести и поређење са другим пацијентима.

Референце

- [1] Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., Wang, Y., Dong, Q., Shen, H. and Wang, Y., 2017. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and vascular neurology*, 2(4), pp.230-243.
- [2] Holzinger, A., 2016. Machine learning for health informatics. In *Machine Learning for Health Informatics* (pp. 1-24). Springer, Cham.
- [3] López, W.O.C., Navarro, P.A. and Crispin, S., 2018. Intraoperative clinical application of augmented reality in neurosurgery: a systematic review. *Clinical neurology and neurosurgery*.
- [4] Rovini, E., Maremmani, C. and Cavallo, F., 2017. How wearable sensors can support Parkinson's disease diagnosis and treatment: a systematic review. *Frontiers in neuroscience*, 11, p.555.
- [5] Liaw, C.Y. and Guvendiren, M., 2017. Current and emerging applications of 3D printing in medicine. *Biofabrication*, 9(2), p.024102.
- [6] Sabharwal, A. and Selman, B., 2011. S. Russell, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*.
- [7] Jankovic, J., 2008. Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. *Journal of neurology, neurosurgery & psychiatry*, 79(4), pp.368-376.
- [8] Adler, C.H., Beach, T.G., Hentz, J.G., Shill, H.A., Caviness, J.N., Driver-Dunckley, E., Sabbagh, M.N., Sue, L.I., Jacobson, S.A., Belden, C.M. and Dugger, B.N., 2014. Low clinical diagnostic accuracy of early vs advanced Parkinson disease: clinicopathologic study. *Neurology*, 83(5), pp.406-412.
- [9] https://www.movementdisorders.org/MDS-Files1/PDFs/Rating-Scales/MDS-UPDRS_English_FINAL_Updated_August2019.pdf, приступљено август 2019.
- [10] Garza-Rodríguez, A., Sánchez-Fernández, L.P., Sánchez-Pérez, L.A., Ornelas-Vences, C. and Ehrenberg-Inzunza, M., 2018. Pronation and supination analysis based on biomechanical signals from Parkinson's disease patients. *Artificial intelligence in medicine*, 84, pp.7-22.
- [11] Sano, Y., Kandori, A., Shima, K., Yamaguchi, Y., Tsuji, T., Noda, M., Higashikawa, F., Yokoe, M. and Sakoda, S., 2016. Quantifying Parkinson's disease finger-tapping severity by extracting and synthesizing finger motion properties. *Medical & biological engineering & computing*, 54(6), pp.953-965.
- [12] Ornelas-Vences, C., Sánchez-Fernández, L.P., Sánchez-Pérez, L.A. and Martínez-Hernández, J.M., 2019. Computer model for leg agility quantification and assessment for Parkinson's disease patients. *Medical & biological engineering & computing*, 57(2), pp.463-476.
- [13] Ahlrichs, C. and Lawo, M., 2013. Parkinson's disease motor symptoms in machine learning: A review. *arXiv preprint arXiv:1312.3825*.

3. Полазне хипотезе

Истраживачки рад у оквиру докторске дисертације кандидаткиње Владиславе Бобић заснива се на следећим хипотезама:

- I. Могуће је постићи објективну евалуацију и квантификацију стања пацијената оболелих од неуродегенеративних болести.**
Питања на која ће истраживање покушати да пружи одговор су: Да ли се мале и лагане инерцијалне сензорске јединице могу користити за снимање репетитивних покрета који представљају део стандардизованих клиничких скала за процену степена нарушености моторике пацијената оболелих од неуродегенеративних болести? Да ли се одабране методе за обраду сигнала могу користити за анализу снимљених сигнала и извођење нове метрике која доприноси бољем разумевању посматраних покрета и параметризацији специфичних промена и карактеристика покрета као што су тремор, моторни блокови, амплитуда извођења, брзина извођења, пад амплитуде извођења и други?
- II. Могуће је развити нови експертски систем за објективну предикцију моторичких клиничких скала.**
Питања на која ће истраживање покушати да пружи одговор су: Да ли је могуће развити нови експертски систем за подршку клиничком одлучивању који се базира на развијеној параметризацији и новом скупу правила која у потпуности објективизују стандардизоване критеријуме за процену степена озбиљности моторичких симптома? Какви су резултати експертског система у поређењу са референтним вредностима датим од стране неколико неуролога који имају вишегодишње искуство са лечењем и праћењем пацијената оболелих од неуродегенеративних болести?
- III. Могуће је применом напредних алгоритама унапредити дијагностику пацијената оболелих од неуродегенеративних болести.**
Питања на која ће истраживање покушати да пружи одговор су: Да ли је на основу сигнала који одговарају репетитивним покретима снимљених лаганим и малим сензорима могуће развити брз и једноставан систем за подршку дијагностичком одлучивању? Да ли алгоритми машинског учења могу дати резултате који унапређују тачност дијагностике у односу на резултате представљене у литератури?

4. Научне методе истраживања

У оквиру истраживања користиће се мали и лагани инерцијални сензори за снимање репетитивних покрета. Инерцијалне јединице садрже троосне жироскопе и троосоне акцелерометре. Током извођења експеримента, инерцијалне јединице ће бити постављене на тело испитаника. Због својих карактеристика, сензори не нарушавају природно и нормално извођење покрета тако да ће снимљени покрети одговарати тестирањима у реалним клиничким условима. Додатно, експерименти ће бити снимљени и видео камером, што ће омогућити валидацију развијене методологије.

Коришћењем одабраних сензора биће снимљени репетитивни покрети који су представљени у оквиру *UPDRS* теста. Протокол снимања сигнала биће прилагођен реалним клиничким условима у којима се одабрани покрети анализирају чиме ће се обезбедити максималан практични потенцијал развијеног система. Снимања ће бити урађена на Неуролошкој клиници Клиничког центра Србије.

За визуелизацију, анализу и обраду снимљених сигнала, као и развој нове метрике и алгоритама машинског учења и експертског система користиће се софтверски пакет *Matlab* (MathWorks, Natick, MA, USA), док ће програмски језик *Python 3.6* (Python Software Foundation) додатно бити коришћен за развој алгоритама машинског учења и експертског

система. SPSS (IBM Corporation, Armonk, New York, USA) софтвер биће коришћен за статистичку анализу добијених података.

Анализа снимљених сигнала и развој нове метрике обухватиће примену метода обраде сигнала које омогућавају детаљну анализу и детекцију карактеристика и специфичности унутар репетитивних секвенци покрета. Посебан фокус биће на временско-фреквенцијским методама сигнала, јер је анализа прогресије симптома током времена од посебног значаја за евалуацију стања ове групе пацијената. Нови експертски систем базираће се на интеграцији развијене метрике са сетом правила који омогућава потпуну објективизацију свих критеријума који се у клиничкој пракси примењују за евалуацију и праћење стања пацијената. Резултати експертског система биће упоређени са вредностима које су проценили неуролози са вишегодишњим клиничким искуством. Систем за унапређену дијагностику обухватиће примену различитих алгоритама надгледаног машинског учења за класификацију одабраних група испитаника.

Валидација развијене метрике и интелигентних алгоритама одлучивања биће урађена на базама података које садрже сигнале снимљене на здравим контролним испитаницима и пацијентима оболелим од Паркинсонове болести и атипичних облика паркинсонизма.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни доприноси истраживања кандидата укључују:

- Анализом снимљених сигнала допринеће се бољем разумевању механизма извођења одабраних покрета, као и карактеристика и промена које могу бити видљиве у снимљеним сигнаlima. Посебан акценат биће на карактеристикама које су специфичне за групе испитаника који се анализирају и самим тим представљају значајан алат за ефикаснију дијагнозу и евалуацију.
- Применом различитих метода обраде сигнала биће развијена нова метрика која омогућава објективну квантификацију карактеристика покрета. Развијена метрика ће бити представљена у облику који је интуитиван и разумљив за лекаре и који омогућава објективно праћење, евалуацију стања и прогреса болести и поређење са другим пацијентима.
- Нови систем за подршку одлучивању ће бити развијен применом интелигентних алгоритама. Развијени систем омогућиће ефикасније дијагностичко одлучивање или евалуацију стања пацијената.
- Развијена метрика и алгоритми биће тестирани и валидирани на различитим групама испитаника, укључујући различите облике паркинсонизма (типичне и атипичне).

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру докторске дисертације укључује следеће фазе истраживања:

I Преглед и анализа литературе

Прва фаза истраживања обухвата детаљну претрагу, преглед и анализу литературе, односно анализу искуства и тренутног стања из области истраживања у оквиру теме докторске дисертације, а нарочито следеће аспекте:

- испитивање типова покрета који се у литератури примењују и анализирају за праћење и евалуацију стања и дијагностику пацијената оболелих од неуродегенеративних болести, пре свега Паркинсонове болести и атипичних паркинсонизма;
- анализу инструментације, односно сензорских система који се у литератури користе за снимање одабраних покрета, укључујући и примењене протоколе и услове снимања, као и карактеристике и структуру група испитаника које се анализирају (карактеристике које могу бити од значаја за исход и циљ истраживања укључују дијагнозу, број испитаника унутар групе, пол и старост испитаника, стадијум болести као и друге клиничке параметре и тестове од значаја за истраживање);

- примена различитих метода обраде сигнала и алгоритама машинског и дубоког учења који се у литератури користе у циљу остваривања подршке одлучивању и објективне евалуације и праћења стања пацијената оболелих од неуродегенеративних болести.

II Развој методологије за снимање и анализу релевантних покрета

Друга фаза истраживања обухватиће развој методологије за снимање и анализу покрета што пре свега подразумева следеће кораке:

- одабир типова покрета који ће бити анализирани и који могу допринети остваривању циљева истраживања;
- развој експерименталног протокола, укључујући одабир група испитаника које се анализирају, одређивање начина поставке сензорских јединица и развој протокола снимања тако да се омогући најбоље снимање одабраних покрета;
- формирање база података која ће садржати сигнале за све снимљене испитанике;
- статичка и динамичка калибрација сигнала и анализа снимљених сигнала;
- примена различитих метода обраде сигнала у циљу бољег разумевања снимљених сигнала и формирања нове метрике која описује специфичне карактеристике и промене унутар снимљених сигнала: амплитуда и брзина покрета, тремор, промена амплитуде у времену, моторни блокови и други.

III Развој новог система одлучивања

У оквиру треће фазе истраживања радиће се на развоју нових алгоритама који ће допринети формирању новог система за ефикасније клиничко одлучивање, укључујући:

- Развој новог експертског одлучивања који се базира на комбинацији развијене метрике и новог сета правила. Правила ће бити формирана тако да објективно представе критеријуме одлучивања који су саставни део стандардизованих клиничких скала за процену стања пацијената и одређивања степена нарушености моторичких образаца;
- Развој интелигентног алгорита на бази машинског учења за класификацију одабраних група испитаника у циљу унапређења дијагностике пацијената оболелих од неуродегенеративних болести;
- Валидација и тестирање развијених алгоритама на базама података које садрже инерцијалне сигнале покрета здравих контролних испитаника и пацијената оболелих од типичних и атипичних облика паркинсонизма.

IV Верификација остварених резултата и њихова дисеминација путем научних публикација у међународним и домаћим часописима и на међународним конференцијама.

7. Закључак и предлог

Комисија је током писања овог Извештаја узела у обзир све чињенице које говоре о подобности кандидата за реализацију истраживања, као и предложене теме докторске дисертације. Разматрајући остварене резултате у досадашњем научно-истраживачком раду у оквиру докторске дисертације, Комисија сматра да је кандидаткиња Владислава Бобић способна за даљи научно-истраживачки рад и реализацију предвиђених истраживања. Додатно, сагледавајући наведене циљеве, очекиване резултате и доприносе, Комисија је у потпуности сагласна да предложена тема под коригованим називом „Систем за подршку одлучивању, евалуацију и праћење стања пацијената оболелих од неуродегенеративних болести“ задовољава све услове подобности за докторску дисертацију. Комисија предлаже да се кандидаткињи Владислави Бобић омогући писање докторске дисертације на енглеском језику (предложена тема на енглеском језику: Decision-support system for assessment of patients with neurodegenerative disorders). Комисија констатује да предложена тема припада ужој научној области „Управљање системима и обрада сигнала“ и да је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан за ову научну област, и за ментора рада предлаже др Горана Квашчева, ванредног професора, запосленог на Електротехничком факултету

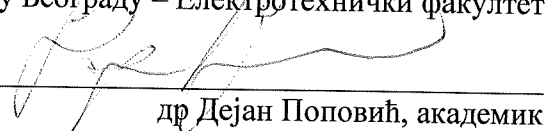
Универзитета у Београду. Уз Извештај о подобности теме и кандидата, Комисија прилаже и списак радова др Горана Квашчева, ванредног професора који га квалификују за ментора. Имајући у виду горе наведено, Комисија има част да Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду предложи прихватање теме докторске дисертације под коригованим називом „Систем за подршку одлучивању, евалуацију и праћење стања пацијената оболелих од неуродегенеративних болести“ (на енглеском језику: Decision-support system for assessment of patients with neurodegenerative disorders) и да кандидаткињи Владислави Бобић омогући да приступи њеној изради.

У Београду, 2.10.2019.

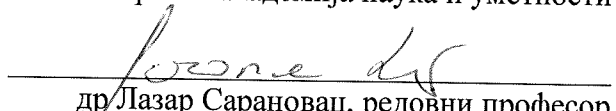
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



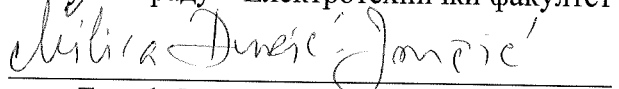
др Горан Квашчев, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Дејан Поповић, академик
Српска академија наука и уметности



др Лазар Сарановац, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Милица Ђурић-Јовчић, виши научни сарадник
Иновациони центар Електротехничког факултета у Београду