

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Ивана Топаловића** студента докторских студија за израду докторске дисертације

Одлуком 5014/14-1 од 13. децембра 2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Ивана Топаловића**, мастер инжењера електротехнике и рачунарства за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **“Примена мултиканалне електромиографије у рехабилитацији”**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата и записника са усмене одбране предложене тезе доле потписна Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Иван Топаловић је рођен 20. априла 1989. године у Горњем Милановцу. Основну школу и гимназију је завршио у Чачку.

Основне академске студије уписао је 2008. године на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду, на смеру Електротехника и рачунарство. У другој години студија се определио за модул „Физичка електроника – Биомедицински и еколошки инжењеринг. Дипломирао је 2013. године, на тему: „Систем за снимање телесних температурних мапа на бази NTC термистора“, код др Дејана Б. Поповића. Одмах након основних студија уписао је мастер академске студије, такође на Електротехничком факултету, универзитета у Београду, на смеру „Биомедицински и еколошки инжењеринг“. Одбранио је мастер рад 2014. године, на тему: „Миоелектрични сигнали за управљање прстима роботске шаке. Исте године је уписао докторске академске студије на истом факултету, на смеру „Управљање системима и обрада сигнала, на којима је и данас. Положио је све испите и тренутно ради на припреми докторске дисертације. Као уску област интересовања изабрао је анализу електромиографских (ЕМГ) сигнала, која ће бити тема његовог докторског рада. Прецизније, његов истраживачки рад се базира на мултиканалном снимању ЕМГ сигнала и њиховом мапирању, чиме се омогућује просторно и временско праћење електричне активности мишића синергиста, одговорних за одређени покрет. Основни циљ истраживања је да се испитају могућности примене оваквог начина посматрања ЕМГ сигнала за управљања интелигентним протезама, манипулаторима у рехабилитацији различитих врста пацијената, као и за естимацију мишићне активности.

Од 1. априла 2016. године запослен је на Институту техничких наука САНУ, као истраживач приправник.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Иван Топаловић се уписао на докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду у школској 2014/2015 години.

Своје научноистраживачке активности везане за докторску тезу Иван Топаловић је усмерио на проучавање нових система и протокола за анализу синергија при покретима. При овој синергији се посматрају у простору електричних сигнала који потичу од мишића. Предмети на докторским студијама су изабрани тако да покривају све области од интереса за рад на пројекту који води докторској дисертацији. Кандидат је у

току докторских студија положио све испите са просечном оценом 10.00 (десет и 00/100) и урадио све предвиђене обавезе, чиме је укупно остварио 120 ЕСПБ бодова. Списак положених испита је дат у следећој табели:

бр.	Шифра	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ	Датум
1	13Д041ПМР	Примена микрорачунара	10	9	05.09.2015.
2	13Д051НМ	Неуралне мреже	10	9	10.02.2015.
3	13Д051ОМО	Одабране методе обраде физиолошких сигнала	10	9	01.02.2015.
4	13Д051МИЕ	Методе и инструментација за електрофизиологију	10	9	19.06.2015.
5	13Д051ТОП	Технике обраде и препознавања говорног сигнала	10	9	10.07.2015.
6	13Д051КЕС	Класификација и естимација сигнала	10	9	02.09.2016.
7	13Д051ОПД	Одабране примене дигиталне обраде слике	10	9	27.06.2016.
8	13Д051УНР	Увод у научни рад	10	6	12.02.2016.
9	13Д051НП	Неуралне протезе	10	9	21.01.2016.
10	13Д051МКР	Моторна контрола и рехабилитација	10	9	22.01.2016.
Назив обавезе					
1	Научно стручни рад			3	
2	Студијски истраживачки рад I			15	
3	Студијски истраживачки рад II			15	
	УКУПНО			120	

Кандидат је успешно овладао техником снимања сигнала применом различитих система и дефинисао процедуре (које је тестирао) за паралелно снимање до 24 сигнала који потичу од акционих потенцијала мишића на подлактици при различитим активностима (померање ручног зглоба, савијање и опружање прстију). Применио је и развио процедуру примене дигиталног појачавача који је развило предузеће *mBrainTrain*, Београд. У експерименталном раду је кандидат показао да је овај систем са одговарајућим прилагођењима и повезивању са електродама погодан с обзиром на димензије уређаја и безичну комуникацију појачавача са рачунаром. Иван је решио низ техничких проблема и учествовао у реализацији хардверских компоненти које су потребне за повезивање мерног система и електрода. Кандидат је кроз комуникацију са предузећем *Tecnalia*, Србија обезбедио електроде за велики број својих мерења. Кандидат је успешно тестирао и нове типове матричних електрода и својим резултатима допринео даљем развоју ове технологије.

Кандидат је проучио и проучава стручну и научну литературу која је директно повезана са темом његовог истраживања, али и много шире да би своја истраживања на прави начин приказо стручној јавности у свету.

Резултате досадашњег рада на припреми тезе је кандидат публиковао у радовима у часопису са СЦИ листе и конференцијама:

Рад у међународном часопису (M22)

- Popović Maneski L., **Topalović I.**, Jovičić N., Dedijer S., Konstantinović Lj., B. Popović D.: Stimulation map for control of functional grasp based on multi-channel EMG recordings, - *Medical Engineering & Physics* Vol 38, No 11, 2016, pp. 1251-1259, ISSN: 1350-4533, DOI:<https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2016.06.004> ИФ = 1.819

Саопштења на међународним скуповима штампани у целини (M33)

- **Topalović I., B. Popović D.:** Estimation of gait parameters based on data from inertial measurement units, - *Proc. of 4th IcETRAN, Kladovo 2017.*, pp. BT(I)2.4.1- BT(I)2.4.5, ISBN 978-86-7466-693-7 https://www.etrans.rs/common/pages/proceedings/IcETRAN2017/BI/IcETRAN2017_paper_BTI2_4.pdf
- **Topalović I., B. Popović D.:** EMG maps for estimation of muscle activities during grasping, - *Proceedings of 3rd IcETRAN, Zlatibor 2016.*, pp. MEI1.2.1- MEI1.2.4, ISBN 978-86-7466-618-0 https://www.etrans.rs/2017/IcETRAN/Conference_Proceedings/
- **Aleksić A., Topalović I., B. Popović D.:** Muscular synergies during grasping estimated from surface EMG recordings, - *Proceedings of 3rd IcETRAN, Zlatibor 2016.*, pp. MEI1.3.1- MEI1.3.4, ISBN 978-86-7466-618-0 https://www.etrans.rs/2017/IcETRAN/Conference_Proceedings/
- **Topalović I., Janković M., B. Popović D.:** Validation of the acquisition system Smarting for EMG recordings with electrode array, - *Proceedings of 2nd IcETRAN, Silver Lake 2015.*, pp. MEI1.5.1- MEI1.5.4, ISBN 978-86-80509-71-6 https://www.etrans.rs/2017/IcETRAN/Conference_Proceedings/

Кандидат је положио докторски испит 15. јануара 2018. године пред комисијом коју је одредило Научно веће Електротехничког факултета Универзитета у Београду у саставу: Жељко Ђуровић, редовни професор Електротехничког факултета БУ, Љубица Константиновић, редовни професор Медицинског факултета БУ, Милош Вујисић, доцент на Електротехничком факултету БУ и Надица Миљковић, доцент на Електротехничком факултету БУ.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат је положио све испите са одличним оценама и усмено одбранио предложену тему пред доле потписаном Комисијом.

Кандидат је коаутор на раду објављеном у часопису *Medical Engineering & Physics*, (импакт фактор, 1.819, M22). Његов допринос у раду је обрада и учествовање у снимању ЕМГ сигнала у клиници на испитаницима после повреде кичме на цервикалном нивоу. Ови резултати су услов да би се примениле нове методе одређивања оптималног положаја електрода за електричну стимулацију.

Кандидат је као први аутор објавио и саопштио три рада на конференцијама, и на једном раду је други аутор.

Кандидат је учествовао у експерименталном раду и значајно помогао у обради резултата студентима мастер студија на смеру Мехатроника у медицинској рехабилитацији на Универзитету у Београду у току 2017. године.

Кандидат је савладао начин припреме и пројектовања експеримената. Кандидат постепено формира нове методе у којима се истиче његова оригиналност у научном раду заснована на одличном познавању литературе.

Кандидат у сваком погледу испуњава све услове за рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Истраживање је усмерено унапређењу анализе електромиографских (ЕМГ) сигнала снимљених истовремено на већем броју мерних места на кожи (мултиканални ЕМГ) применом матричних електрода са циљем примене нове технике у медицинској рехабилитацији пацијената са сензорно-моторним оштећењима, а шире и применама у техници која се назива *biofeedback*.

Мерење електричне активности мишића (ЕМГ) је метод који као основни циљ има анализу способности мишића да генеришу силу. У литератури је показано да постоји јака корелација између ЕМГ сигнала и силе коју генерише мишић, јер је активност сваког мишићног влакна последица акционог потенцијала, тј. промене електричног поља и околини ћелије. Конвенционално, ЕМГ сигнал се мери биполарно применом две електроде на површини коже. При мерењу се парови електрода постављају дуж мишића изнад места на којем се очекује највећа активност [1]. Овај запис је локална слика електричне активности. То директно доводи до питања у којој мери је тај локални запис мера укупне активности посматраног мишића [2-5]. Истовременим мерењем потенцијала на већем броју места на кожи изнад мишића добија се скуп локалних информација. Анализом скупа потенцијала се елиминише проблем локалног мерења и елиминише значај оптималног постављања пара електрода. Овакво снимање се назива мултиканални ЕМГ. Применом мултиканалног ЕМГ сигнала се добија временска серија мапа потенцијала која садржи информацију о временској и просторној активности мишића које покрива матрична електрода. Истраживања водећих научника приказана у литератури указују јасно предности коришћења матричних електрода [3-10]. Поред правоугаоних матричних електрода, у употреби за вишеканално снимање ЕМГ-а су и електроде у облику наруквице, које обухватају и флексоре и екстензоре подлактице [11].

Основна истраживања су посвећена бољем разумевању методологије која је развијена на *LISIN* центру у Торину, Италија и групе са Универзитета у Марибору, Словенија. Истраживачи из ових центара су показали у радовима могућност декомпозиције и посматрања појединих моторних јединица [6-7]. У раду [8] је показано да се регије максималне мишићне активности одређене са мултиканалних мапа могу користити за класификацију покрета и да мултиканални ЕМГ даје резултате који су употребљивији од сигнала који су добијају при конвенционалном мерењу. У раду [12] је показано да се просторна расподела мишићне активности мења у складу са променом покрета, али и са променом силе током истог покрета.

У нашим досадашњим истраживањима [13-17] смо показали да примена аквизиционог система који користи 24 канални минијатурни уређај (*Smarting, mBrainTrain*, Београд) и електроде које су развијене у оквиру Лабораторије за Биомедицинско инжењерство и технологије и предузећа *Tecnalia* из Београда омогућује гарантује: 1) ЕМГ мапе добијене поменутиим уређајем и матричним електродама које су на располагању су довољно детаљне и сигнали поновљиви што омогућава практичну примену; 2) постоје елементи симетрије у ЕМГ мапама добијеним снимањем сигнала на ипсилатералним и контралатералним екстремитетима; 3) могуће је успоставити корелацију између просторне расподеле електричне активности мишића са фазама покрета и тиме формирати темпоралне синергије; и 4) ЕМГ мапе омогућују анализу неправилности моторне активности у односу на облик који карактерише популацију здравих испитаника при истим покретима.

Списак референци:

1. Hermens D. H., Freriks B.: Surface electromyography for the non-invasive assessment of muscles (SENIAM), 2005.
2. Rainoldi A., Melchiorri G., Caruso L.: A method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles, - Journal of neuroscience methods, Vol 134, No 1, pp. 37-43.
3. Mesin L., Merletti R., Rainoldi A.: Surface EMG: the issue of electrode location, - Journal of Electromyography and Kinesiology Vol 19, No 5, 2009, pp. 719-726.
4. Falla D., Dall'Alba P., Rainoldi A., Merletti R., Jull G.: Location of innervation zones of sternocleidomastoid and scalene muscles—a basis for clinical and research electromyography applications, - Clinical Neurophysiology, Vol 113, No 1, 2002, pp. 57-63.
5. Merletti R., Farina D., Gazzoni M.: The linear electrode array: a useful tool with many applications, - Journal of Electromyography and Kinesiology, Vol 13, No 1, 2003, pp. 37-47.

6. Gazzoni M., Farina D., Merletti R.: A new method for the extraction and classification of single motor unit action potentials from surface EMG signals, - *Journal of neuroscience methods*, Vol 136 No 2, 2004, pp. 165-177.
7. Farina D., Merletti R., M. Enoka R.: The extraction of neural strategies from the surface EMG, - *Journal of Applied Physiology*, Vol 96, No 4, 2004, pp. 1486-1495.
8. Rojas-Martínez M., A. Mañanas M., F. Alonso J., Merletti R.: Identification of isometric contractions based on High Density EMG maps, - *Journal of Electromyography and Kinesiology*, Vol 23, No 1, 2013, pp. 33-42.
9. Troiano A., Naddeo D., Sosso E., Camarota G., Merletti R., Mesin L.: Assessment of force and fatigue in isometric contractions of the upper trapezius muscle by surface EMG signal and perceived exertion scale, - *Gait & posture*, Vol 28, No 2, 2008, pp. 179-186.
10. Barbero M., Gatti R., Conte L.L., Macmillan F., Coutts F., Merletti, R.: Reliability of surface EMG matrix in locating the innervation zone of upper trapezius muscle, - *Journal of electromyography and kinesiology*, Vol 21, No 5, 2011, pp.827-833.
11. Tang X., Liu Y., Lv C., Sun D.: Hand motion classification using a multi-channel surface electromyography sensor, - *Sensors*, Vol12, No 2, 2012, pp.1130-1147.
12. Holtermann A., Roeleveld K., J. Karlsson S.: Inhomogeneities in muscle activation reveal motor unit recruitment, -*Journal of Electromyography and Kinesiology* Vol 15, No 2, 2005, pp. 131-137.
13. Topalović I., Janković M., B. Popović D.: Validation of the acquisition system Smarting for EMG recordings with electrode array, - *Proceedings of 2nd IcETRAN, Silver Lake 2015.*, pp. MEI1.5.1- MEI1.5.4
14. Topalović I., B. Popović D.: EMG maps for estimation of muscle activities during grasping, - *Proceedings of 3rd IcETRAN, Zlatibor 2016.*, pp. MEI1.2.1- MEI1.2.4
15. Aleksić A., Topalović I., B. Popović D.: Muscular synergies during grasping estimated from surface EMG recordings, - *Proceedings of 3rd IcETRAN, Zlatibor 2016.*, pp. MEI1.3.1- MEI1.3.4
16. Popović Maneski L., Topalović I., Jovičić N., Dedijer S., Konstantinović Lj., B. Popović D.: Stimulation map for control of functional grasp based on multi-channel EMG recordings, - *Medical Engineering & Physics* Vol 38, No 11, 2016, pp. 1251-1259.
17. Topalović I., B. Popović D.: Estimation of gait parameters based on data from inertial measurement units, - *Proceedings of 4th IcETRAN, Kladovo 2017.*, pp. BT(I)2.4.1- BT(I)2.4.5

3. Полазне хипотезе

Хипотеза коју је кандидат усвојио је: Користећи сигнале добијене применом уређаја за снимање електрофизиолошких сигнала применом матричне електроде и синхроних кинематичких и динамичких величина које карактеришу покрет је могуће генерисати темпорално-просторне моделе покрета који могу да унапреде: 1) процену стања испитаника у току рехабилитације, и 2) управљање системима за ресторацију сензорно-моторних функција.

Доказ хипотезе ће да прати резултате нових метода обраде измерених сигнала на здравим испитаницима и особама са инвалидитетом. Резултати који су основа доказа су:

1. формиран сет параметара за квантификацију стања моторике пацијената пре, у току и на крају терапије;
2. формирана просторно-временска слике покрета. Резултати ће да омогуће формирање контролера за управљање покретима хватања после трансрадијалне ампутације (протеза шаке) и повреде кичмене мождине или мозга (електрична стимулација);
3. формирана просторно-временска синергије активности мишића са циљем унапређења селективности мишићне стимулације при примени матричних електрода;

4. Научне методе истраживања

Истраживања ће се радити у Лабораторији за биомедицинско инжењерство и технологије у оквиру Електротехничког факултета, Универзитета у Београду и Института техничких наука САНУ. Лабораторија располаже са два савремена 24-канална појачавача за снимање електрофизиолошких сигнала. Лабораторија располаже и другом савременом електронском и рачунарском инструментацијом.

Циљ мерења на здравим испитаницима је формирање базе података сигнала за скуп тачно дефинисаних покрета. Резултати ће после процесирања дати ЕМГ мапе у односу на одговарајуће фазе покрета. Пре формирања базе података и развоја алгорита, неопходан корак је валидација инструментације коју је кандидат формирао.

Други део истраживања се односи на клиничка мерења, уз сарадњу и надзор доктора у складу са протоколима које ће одобрити етички одбор клинике. Алгоритми развијени у току испитивања на здравим испитаницима ће се применити за анализу сигнала добијених у клиници.

Укратко, кандидат је на основу иницијалних експеримената развио инструментацију коју користи за снимање мишићне активности, паралелно са кинематичким и динамичким сигнаlima. На основу сопствене анализе релевантне литературе развија нове технике обраде једнодимензионалних и дводимензионалних временских серија са циљем генерисања модела који укључује просторне и временске синергије. Ова истраживања су данас у центру пажње истраживача у домену моторне контроле и медицинске рехабилитације. При овоме кандидат развије протоколе и документе који су неопходни за клиничке студије које су део истраживања. У анализи користи у правој мери статистичке анализе резултата које добија.

5. Очекивани научни допринос

Научни допринос овог рада се очекује првенствено у доприносу разумевању површинског, мултиканалног, униполарног ЕМГ-а, што подразумева:

- успостављање корелација између карактеристичних функционалних покрета и просторне расподеле електричне активности мишића синергиста који су одговорни за покрет;
- разумевање степена инвалидитета на бази анализе симетрија ЕМГ мапа формираних на ипсилатералној и контралатералној страни испитаника;
- методологија формирања шема за активацију покрета на бази миметичког модела покрета који следи из мапе ЕМГ посматраног као временске серије за иновације у домену протеза и ФЕС система.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање је подељено у три целине:

- Формирање и валидација протокола и инструментације (појачавачи и електроде)
- Примена мултиканалног ЕМГ-а у анализи функционалних покрета шаке и прстију
- Примена мултиканалног ЕМГ-а у анализи хода

I Формирање и валидација протокола и инструментације

Циљ истраживања је потврда да примена мултиканалног ЕМГ-а отвара нове могућности у рехабилитацији. На располагању су два 24-канална појачавача (*Smarting*, *mBrainTrain*, Београд) који бежично комуницирају са рачунаром. Примена *Bluetooth* конекције ограничава максималну брзину узорковања на 500Hz. Потребно је упоредити сигнале који се добијају овим системом и професионалним ЕМГ уређајем. Прелиминарни резултати су приказани на конференцији *IcETRAN 2015* [13].

Посебно питање на које би требало обратити пажњу је примена нових типова сувих електрода које се повезују на *Smarting* систем.

Потребно је формирати протокол за примену овог система и валидирати га на здравим испитаницима.

II Примена мултиканалног ЕМГ-а у анализи функционалних покрета шаке и прстију

Потребно је утврдити да 24 мерне тачке на матричној електроди дају довољно детаљну слику о активностима мишића синергиста при функционалним покретима. У том циљу потребно је на довољно великом узорку снимити сигнале са флексора и екстензора одговорних за покрете прстима и палцем подлактице и формирати мапе применом интерполације на временске одбирке амбелопа ЕМГ сигнала. Прелиминарни резултати овог истраживања су приказани на конференцији *IcETRAN 2016* [14], где је показано да постоји поновљивост за исти покрет код једног испитаника и разлике у мапама за различите покрете. Такође је показано да регије на мапама варирају од испитаника до испитаника, али да постоји и сличност.

ЕМГ мапе су формиране тако што појединим потенцијалима додељујемо боје, па су технике за дигиталну обраду слике адекватан метод за анализу. Испитали смо у досадашњем раду два начина доделе боја, тј. формирање апсолутне скале боја (нормализација у односу на максималну вољну контракцију) и релативне скале (нормализација у односу на тренутну максималну вредност). Први метод даје информацију о местима најјаче електричне активности током покрета и о промени интензитета електричне активности у времену, док други метод у потпуности искључује утицај промене интензитета у току покрета. Самим тим, релативна скала даје мапе које имају мање варијације у току једног покрета, чиме се знатно олакшава класификација. На основу тога, даљи ток истраживања је дефинисан у два правца:

- проналажење одговарајућих дескриптора ЕМГ мапа и метода за њихову класификацију, на основу којих би се омогућило препознавање покрета и формирање контролних сигнала за управљање протезом шаке и манипулатора за рехабилитацију;
- анализа регија на ЕМГ мапама за контролу циљане електричне стимулације мишића.

Када је реч о препознавању покрета шаке потребно је снимити сигнале на здравим испитаницима и испитати могућности за класификацију. У досадашњим истраживањима смо приметили да сваки покрет има одговарајући облик регије са максималним активностима на ЕМГ мапама. Идеја је да се на основу детекције локалних максимума на мапама и њиховог непосредног окружења издвоје параметри који их описују (координате и број локалних максимума, површина објекта изражена у пикселима, дужине оса објекта, угао главне осе у односу на хоризонталу итд.). Ови параметри би били улазни подаци за неки од класификатора (неуралне мреже, SVM). Потребно је испитати и количину информације коју носи сваки од параметара, па извршити редукцију применом PCA методе.

У раду [16] су описани први резултати провере саме идеје да се на основу ЕМГ мапа одређују позиције стимулационих електрода. Показано је да одређивањем места електрода на основу ЕМГ мапа се поједностављује постављање електрода при примени ФЕС система. У поменутом раду приказана је поступак у коме се користи визуелни приказ ЕМГ мапа, на основу ког су се хеуристички одређују позиције на паретичној руци хемиплегичних пацијената које треба стимулисати. Следећи корак у развоју оваквог система је развој алгоритма који на основу регија високе мишићне активности на ЕМГ мапама врши аутоматски одабир позиција за стимулацију.

III Примена мултиканалног ЕМГ-а у анализи хода

План је да се испита систем за процену активности мишића *tibialis anterior* при ходу по равном. Циљ је да се направи метод за процену побољшања активности овог мишића као резултат терапије. Поред ЕМГ сигнала користиће се инерцијални сензори и сензори силе реакције подлоге ради прецизног одређивања активности у односу на фазе корака. Овај део истраживања укључује анализу хода здравих испитаника и хемиплегичних пацијената пре и после терапије.

У досадашњим истраживањима показана је могућност добијања стандардних параметара хода (период, трајање корака, каденца, трајање фаза ослонца и замаха) на основу механичких величина забележених „Walky“ системом, који користи уложак у

ципеле са сензорима силе и инерцијалне мерне јединице (убрзања и угаоне брзине). Прелиминарни резултати су објављени на *IcETRAN 2017* [17]. Следећи корак у испитивању је систематско снимање сигнала у оквиру клиничке студије везане за ефикасност терапије.

7. Закључак и предлог

Из достављене документације која укључује биографију и библиографију кандидата Ивана Топаловића закључили смо се да се ради о успешном и мотивисаном младом истраживачу. Подаци из биографије и библиографије указују да је кандидат успешно интегрисан у рад у овој области са инжењерима и клиничарима. На основу изложеног, Комисија сматра да кандидат испуњава све суштинске и формалне услове за рад на докторској дисертацији, као и да је предложена тема актуелна у свету у области биомедицинског и рехабилитационог инжењерства. Досадашњи резултати кандидата припадају категорији која се очекује на Универзитету у Београду од успешних студената. Предлог истраживања сугерише да ће резултат бити практични систем који отвара могућност даљег истраживања, али свакако и иновацијама које могу да постану од комерцијалног значаја. Предложена истраживања и наведене методе показују зрелост кандидата као и познавање проблема примене система у клиничким условима.

На основу свих наведених релевантних чињеница наш закључак је да мастер инжењер Иван Топаловић испуњава све услове за израду докторске дисертације и потврђујемо научну заснованост предложене теме „Примена мултиканалне елетромиографије у рехабилитацији“.

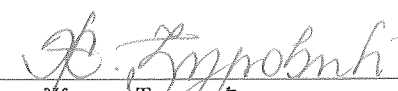
Сходно томе Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета, Универзитета у Београду да прихвати тему докторске дисертације „Примена мултиканалне елетромиографије у рехабилитацији“ и да кандидату Ивану Топаловићу омогући да приступи њеној изради.

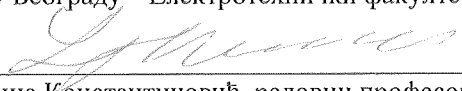
Тема докторске тезе је у оквиру области истраживања у домену Биомедицинске технике на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду, и предлажемо ментора академика др Дејана Б. Поповића, професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду у пензији

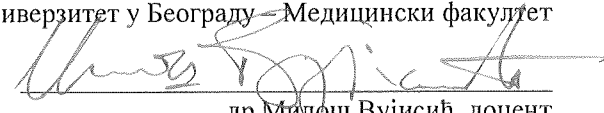
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

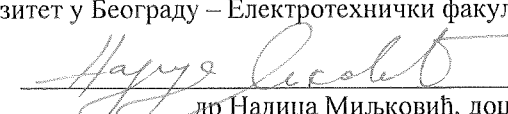
31. јануар 2018. године


др Дејан Б. Поповић, академик, редовни професор у пензији
Српска академија наука и уметности, Београд


др Жељко Буровић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Љубица Константиновић, редовни професор
Универзитет у Београду – Медицински факултет


др Милош Вујић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Надица Миљковић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет