

Универзитет у Београду  
Електротехнички факултет  
У Београду, 7. јула 2020. године

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду бр. 5014/14-3 од 2. јула 2020. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације **“Примена мултиканалне електромиографије у рехабилитацији”** кандидата Ивана Топаловића мастер инжењера електротехнике у рачунарства. После прегледа достављене докторске дисертације и других пратећих материјала Комисија је припремила

### РЕФЕРАТ

#### 1. УВОД

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

Кандидат Иван Топаловић је школске 2014/2015. године уписао докторске академске студије на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду, модул Управљање системима и обрада сигнала. Током студија је положио све испите са просечном оценом 10,00 и испунио све обавезе везане за студијски истраживачки рад предвиђене планом и програмом.

Кандидат је почео истраживачки рад у области мултиканалног снимања и анализе снимљене електричне активности мишића са циљем унапређења праћења стања и примене нових протокола у рехабилитацији пацијената са сензорно-моторним дефицитом. Истраживачким радом кандидата је руководио професор Дејан Б. Поповић.

Кандидат је пријавио тему докторске дисертације под насловом „Примена мултиканалне електромиографије у рехабилитацији“. Наставно-научно веће је на седници бр. 821 одржаној 5. децембра 2017. године донело одлуку (5041/14-1, 23. децембар 2017. године) о именовању чланова комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације у следећем саставу:

1. др Жељко Ђуровић, редовни професор, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду
2. др Љубица Константиновић, редовни професор, Медицински факултет, Универзитет у Београду
3. др Надица Миљковић, доцент, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду
4. др Милош Вујисић, доцент, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду

За ментора је предложен др Дејан Б. Поповић, академик САНУ и редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду у пензији.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета је на седници бр. 823 одржаној 31. јануара 2018. године усвојило Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (одлука бр. 5041/14 – 2, 13. фебруара 2018).

Наставно-научно веће на седници бр. 851 одржаној 24. јуна 2020. године донело је одлуку о именовању Комисије за преглед и оцену докторске дисертације (одлика бр. 5041/14 – 3, 2. јул

2020. године) кандидата Ивана Топаловића под називом „Примена мултиканалне електромиографије у рехабилитацији“ у следећем саставу:

5. др Дејан Поповић, редовни члан САНУ
6. др Жељко Ђуровић, редовни професор, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду
7. др Љубица Константиновић, редовни професор, Медицински факултет, Универзитет у Београду
8. др Надица Миљковић, ванредни професор, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду

### 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада научној области Биомедицинско инжењерство. Прецизније, истраживања која су приказана у тези припадају области неуралног инжењерства и разматрају методе унапређења регистровања активности сензорно-моторних система у организму са циљем развоја асистивних система за особе са хендикепом и за праћењем моторног статуса здравих и особа са инвалидитетом. Истраживања у овој области су део активности која се негује у Лабораторији за Биомедицинско инжењерство и технологије Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

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“, а ментор му је био проф. Дејан Б. Поповић. Просечна оцена на четворогодишњим дипломским академским студијама му је била 8.45.

Одмах након основних студија уписао је мастер академске студије 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“. Просечна оцена на једногодишњим мастер академским студијама му је била 9.67.

У наставку, 2014. године је Иван Топаловић, уписао докторске академске студије на истом факултету, на смеру Управљање системима и обрада сигнала, број индекса 2014/5041. Положио је све испите и испунио све остале наставне обавезе које прописује програм са просечном оценом 10.

На основу свог интереса, а у договору са проф. Дејаном Поповићем, је почео да се бави анализом електромиографских (ЕМГ) сигнала. Прецизније, његов интерес је био да унапреди електроде, протокол мерења и обраду мултиканалног ЕМГ сигнала. Основна идеја у овом пројекту је била да се са релативно великим електродама које чине матричну электроду са жељеном геометријом генеришу мапе које кориснику омогућују просторно и временско праћење електричне активности мишића. Систем који је

замишљен и касније реализован ја преносан, комуницира бежично са рачунаром и користи савремене технологије за смањење уобичајених сметњи које су неминовне при снимању ЕМГ сигнала површинским електродама. Намена овог система је за генерисање сигнала за управљање миоелектричним протезама и ортотским система укључујући функционалну електричну стимулацију. Друга намена је примена система за праћење тока и резултата терапије з комбинацији са другим кинематичким и динамичким сензорским системима. У току истраживања је остварио директну и интензивну сарадњу са истраживачима, лекарима и терапеутима у Клиници за рехабилитацију „Др Мирослав Зотовић“ у Београду.

Од 1. априла 2016. године запослен је на Институту техничких наука САНУ, као истраживач приправник. Ангажован је на пројектима ИИИ 44008: Развој робота као средства за помоћ у превазилажењу тешкоћа у развоју деце и ТР 35003: Истраживање и развој амбијентално-интелигентних сервисних робота антропоморфних карактеристика. 8. маја 2018. године именован је у звање истраживач сарадник.

Иван је аутор/коаутор на два рада који су видљиви на SCI листи, аутор/коаутор на 9 радова објављених на међународним конференцијама и коаутор на једном поглављу у књизи.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом “Примена мултиканалне електромиографије у рехабилитацији” је написана на српском језику на 123 стране ћиричним писмом и садржи 56 слика, 5 табела и 124 референце наведене по редоследу цитирања. Дисертација има седам поглавља и један прилог:

1. Увод
  2. Инструментација
  3. Препознавање покрета прстију и шаке на бази мултиканалног ЕМГ-а
  4. ЕМГ мапе за контролу циљане мишићне стимулације
  5. Примена мултиканалног ЕМГ-а у анализи хода
  6. Примена препознавања регија на ЕМГ мапама за „*biofeedback*“
  7. Закључак
- Прилог

На почетку дисертације су: насловна страна на српском и енглеском језику, подаци о ментору и члановима комисије, захвалница, сажетак дисертације на српском и енглеском језику, садржај, списак слика, списак табела и списак скраћеница.

Након последњег поглавља су списак референци и прилог.

На крају тезе су биографија кандидата, изјава о ауторству, изјава о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу.

Поднета верзија тезе је у складу с правилима о анализи плагијаризма проверена и у извештају добијеном од Универзитетске библиотеке „Светозар Марковић“ је наведено да има мање од 7% сличности, од којих је већина везана за термине и изразе који се користе у свим радовима који се баве проблематиком која је била предмет истраживања. Самим тим, али и директним сазнавањима Комисија је заузела став да је теза представља оригинални научни рад кандидата Ивана Топаловића.

## 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу је приказ стања у области. Описани су основни аспекти електромиографије, упоређена је стандардна (биполарна) конфигурација снимања са монополарном, мултиканалном електромиографијом и дат је основни преглед сензорно-моторних дефицита и примене електромиографије у рехабилитацији особа са сензорно-моторним дефицитом.

Друго поглавље је детаљан опис инструментације која је коришћена у истраживању. Приказана је валидација појачавача за снимање ЕМГ сигнала и различите типове нових електрода са више контактних површина са кожом и проводних гелова коришћених у испитивањима. Дат је и опис сензора за кинематичка и динамичка мерења покрета синхронно са системом за снимање ЕМГ сигнала.

Треће поглавље базирано је на три рада која се односе на препознавање покрета прстију и шаке на бази мултиканалног ЕМГ-а. Први рад је базиран на примени методе главних компоненти (*Principal Component Analysis – PCA*) за анализу синергија флексора и екстензора подлактице и испитивање могућности редуковања броја контролних сигнала за роботске механизме контролисане ЕМГ сигнаlima. За разлику од PCA анализе и „*Black box*“ приступа анализи мишићних активности, други рад приказује могућност праћења просторно-временских расподела електричних активности синергиста. Резултати овакве анализе су примењени у трећем раду, који даје детаљан опис метода за формирање ЕМГ мапа и алгоритама детекције регија јаке електричне активности при функционалној флексији појединачних прстију. Приказани су резултати класификације ових регија, чиме је показана могућност употребе овакве врте анализе за детекције и препознавање покрета.

Четврто поглавље даје преглед ЕМГ мапа са циљем процене позиције стимулационих електрода за функционалну електричну стимулацију. Упоређене су ЕМГ мапе са паретичне и непаретичне руке пацијената са хемиплегијом, снимљених током функционалних покрета. На бази хипотетичне симетрије мишићних активности при истим покретима (са леве и десне руке) и поређења ЕМГ снимљених са паретичне и непаретичне руке при истом моторном задатку (који на паретичној руци не даје жељене покрете) формирали смо мапе за селективну електричну стимулацију применом наших нових електрода са више контаката са кожом.

У петом поглављу је приказана примена анализе просторне расподеле електричне активности мишића са потколена пацијената, у комбинацији са синхроним кинематичким и динамичким мерењима за процену хода пацијента пре и после терапије. Формиран је сет темпоралних параметара хода, на бази кинематичких и динамичких мерења за квантитативну и квалитативну процену хода. Поред параметара који описују ход, дат је и предлог квантификације ЕМГ мапа са паретичне и непаретичне ноге у циљу објективне процене опоравка хода.

Поред глобално дефинисаног метода препознавања покрета, у шестом поглављу додатно су наведене варијације овог метода за примену у контроли циљане електричне стимулације и у потенцијалној примени за ЕМГ „*biofeedback*“.

У седмом поглављу је сумиран научни допринос тезе.

У прилогу је дат основни преглед моторних дефицита на које је могуће применити предложено методологију и њихов утицај на ЕМГ.

### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Електромиографија (ЕМГ) је неинвазивна техника процене спонтане или изазване активности мишића. Ова техника је посебно значајна јер не постоје методе директног мерења мишићне силе, а постоји јака корелације између ЕМГ сигнала и генерисане силе. Прецизније, ЕМГ је посредно квантификатор мишићне силе.

Гугл претраживач ће на упит *electromyography surface*, указати на више од 14.4 милиона веза, а Гугл академик ће дати 192 хиљаде веза. Додавањем речи *multichannel* број веза на Гугл академику се смањује на 19200. База података СКОПУС указује на око 18000 радова ако се претраживање врши на упит *electromyography surface*, од којих је 2020. године публикован 491 рад (приступ мрежи, 5. јула 2020). Укључењем речи *multichannel* добија се скуп од 331 радова. Ако се уместо *electromyography* користи *EMG* добије се 576 наслова, а број се редукује на 264 кад се дода и реч *surface*. Аквизиција и анализа ЕМГ сигнала се може третирати и као део области *Brain Computer Interface (BCI)*, јер је мишићна активност пројекција активности централног нервног система. *BCI* припада најзначајнијим токовима истраживања у свету.

Специфичност рада кандидата је у примени примени: 1) новог типа електрода и нових материјала, 2) повезивању електрода са преносним минијатурним појачавачем који је резултат рада кандидатових старијих колега у Београду, 3) начину обраде сигнала који пре свега ЕМГ посматра као временску серију дводимензионалног сигнала (мапа=слика), и 4) синхроно повезивање са системима који користе инерцијалне и сензоре силе. Разлика приступа Ивана Топаловића у односу на остале потиче од циља истраживања. Прецизно, главни циљ већине других истраживача је индивидуална анализа доприноса појединих моторних јединица применом великог броја блиско постављених минијатурних контаката са кожом (електрода), а циљ кандидата је формирање временских серија мапа који дају глобалну слику моторне контроле на мишићном нивоу. При овоме кандидат је мапе формирао користећи записе сигнала са релативно великих контактних поља чији центри нису јако блиски.

#### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Прегледом листе референци Комисија се уверила да је кандидат добро проучио литературу и сагледао проблем који је предмет дисертације. Кандидат је детаљно проучио област снимања електричне активности мишића применом система са површинским електродама са посебним интересом на примене система који се бави истовременим униполарним мерењима са више електрода чиме се добија потпуна просторно-временска слика мишићне активности. Кандидат је навео литературу везану за миоелектрично управљање протезама и ортозама. Референце показују да је кандидат проучио методе обраде слике за анализу ЕМГ мапа.

#### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Кандидат је ефикасно и правилно развијао инструментацију у Лабораторији. Тестирана је неинвазивна техника мерења на здравим испитаницима која је укључила синхроно мерење силе хвата, покрета прстима и шаком, и 48 канала ЕМГ снимљених на

подлактици. Оваква мерења досада нису приказана у литератури. Кандидат је користио исту инструментацију за снимање ЕМГ сигнала комбинован са сензорним системом за мерење сила реакције подлоге и кинематике ноге. Овај део истраживања ја укључио анализу хода пацијената у Клиници за рехабилитацију „Др Мирослав Зотовић“ у студији коју је одобрио етички одбор Клинике, и у којој су сви испитаници потписали пристанак да учествују у студији. Ова студија је била организована ради провере ефикасности терапије, а мерења су би део евалуације опоравка. Кандидат је на потпуно професионалан начин применио методе научних истраживања.

#### 3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати рада Ивана Топаловића су већ у примени у евалуацији хода, а и у генерисању мапа које се користе за синтезу хвата применом функционалне електричне стимулације. Ови резултати су публиковани у часописима који су на СЦИ листи.

Други есенцијални резултат за миоелектрично управљање је тек у повоју, и прве примене се очекују са роботском шаком која је позната као *Belgrade-USC hand*.

Други резултати који директно следе из истраживања, а који су описани у тези су намењени *Biofeedback* вежбању. Конкретно, визуелни приказ просторне и временске расподеле мишићне активности ће бити индикатор, уз савете експерта, како се могу научити нове моторне шеме у циљу оптимизације перформансе.

#### 3.5. Оцена постигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је показао да је у стању да самостално развија нове идеје, тестира и валидира их, и да своје резултате преводи у иновације. Кандидат је у току докторских студија изразито унапредио усмени начин презентирања резултата што је показао на конференцијама и другим излагањима укључујући и испит одбране предлога тезе. Оно што је посебно значајно је да је кандидат савладао методологију припреме рукописа за радове, а доказ су објављени радови у часописима. Кандидат је показао и да је одличан тимски радник, а доказ је свакако учествовање у тиму *MOTIMOVE* који је 2018. године добио награду за најбољу иновацију у Србији од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја (<https://www.3-x-f.com/news.html#opis8>) за *pacemaker* за покрете.

### **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

#### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос овог рада је нова методологија која омогућује прецизнију квантификацију активације мишића у оквиру мишићних група које се анатомски делимично преклапају у случајевима кад је моторни систем очуван и у случајевима када постоји оштећење моторног система. Нови метод подразумева примену електрода са већим бројем контаката које се постављају на површину тела и појачавача ЕМГ сигнала који је преносан и постављен близу електрода. Нови систем омогућује:

1. успостављање корелација између карактеристичних функционалних покрета и просторне расподеле електричне активности мишића синергиста који су одговорни за покрет;
2. разумевање степена инвалидитета на бази анализе симетрија ЕМГ мапа формираних потколенима пацијента у току хода; и

3. формирање шема за активацију покрета на бази миметичког модела покрета који следи из мапе ЕМГ посматраног као временске серије за примене у домену хумане роботике и система који користе функционалну електричну стимулацију (ФЕС).

#### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У истраживању је конципиран, а затим валидиран нови систем који омогућује поновљиво и прецизно униполарно мерење мишићне активности. У истраживању су по први пут коришћене нове матричне електроде направљене по нацртима кандидата у Кореји. Нови систем је потпуно аутономан и у реалном времену омогућује управљање и визуелну повратну спрегу (*biofeedback*).

Научни допринос је посебно верификован у примени миметичког преноса сигнала са непаретичне на паретичну руку пацијента после можданог удара. Ово је верификована у клиничким испитивањима система за функционалну електричну стимулацију, а резултат је публикован у часопису 2016. године, а досада је 10 пута цитиран.

У раду је приказан оригинални поступак за анализу мапа који користи познате методе за обраду дводимензионалних сигнала, али новом даљом обрадом сигнала даје класификатор моторних перформанси. Рад у којој је посвећен само овом делу дисертације је публикован 2019, и већ је цитиран.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Главни резултати истраживачког рада који приказују нову методу анализе електромиографских сигнала и примене у рехабилитацији особа са инвалидитетом су објављени у радовима у часописима и зборницима са међународних конференција. Научни доприноси докторске дисертације верификовани су у следећим радовима:

##### а) Радови објављени у научним часописима међународног значаја (M22):

1. **Ivan Topalović**, Stevica Graovac, and Dejan B. Popović. "EMG map image processing for recognition of fingers movement." *Journal of Electromyography and Kinesiology* 49 (2019): 102364. ISSN: 1050-6411; DOI:10.1016/j.jelekin.2019.102364 IF: 1.753, (1 цитат)
2. Lana Popović Maneski, **Ivan Topalović**, Nenad Jovičić, Suzana Dedijer, Ljubica Konstantinović, Dejan B. Popović, "Stimulation map for control of functional grasp based on multi-channel EMG recordings." *Medical Engineering & Physics* 38, no. 11(2016): 1251-1259. ISSN: 1350-4533, DOI: 10.1016/j.medengphy.2016.06.004. IF: 2.174, (10 цитата)

##### б) Радови на међународним скуповима са рецензијом штампани у целини (M33):

1. **Ivan Topalović**, Dejan B. Popović, "Estimation of gait parameters based on data from inertial measurement units." *Proceedings of 4th IcETTRAN, Kladovo, Serbia, June 5-8, 2017.* BT(I)2 ISBN 978-86-7466-692-0 (M33)
2. **Ivan Topalović**, Dejan B. Popović, "EMG maps for estimation of muscle activities during grasping." *Proceedings of 3rd IcETTRAN, Zlatibor, Serbia, June 12-15, 2016.* MEI1.2 ISBN: 978-86-7466-618-0 (M33)

3. Antonina Aleksić, **Ivan Topalović**, Dejan B. Popović, "Muscular synergies during grasping estimated from surface EMG recordings." Proceedings of 3rd IcETRAN, Zlatibor, Serbia, June 12-15, 2016. MEI1.3 ISBN: 978-86-7466-618-0 (M33)
4. **Ivan Topalović**, Milica Janković, Dejan B. Popović, "Validation of the acquisition system Smarting for EMG recordings with electrode array" Proceedings of 2nd IcETRAN, Silver Lake, Serbia, June 8-11, 2015. MEI1.5 ISBN 978-86-80509-71-6 (M33)
5. Milovanović, J., Gavrilović, M., **Topalović, I.**, Popović, D.B., "Influence of Two Weeks Balance Ppractice With Feedback on the Gait in Hemiplegic Patients." Proceedings of 5th IcETRAN, Palić, Serbia, June 11-14, 2018. BTI 1.3 ISBN 978-86-7466-752-1 (M33)
6. Kundaica, S., Gavrilović, M., **Topalović, I.**, Popović, D.B., "Effects of Wii-Fit Balance Board Exercise on the Posture of Stroke Patients." Proceedings of 5th IcETRAN, Palić, Serbia, June 11-14, 2018. BTI 1.5 ISBN 978-86-7466-752-1 (M33)
7. Popović, D.B., Topalović, I., Dedijer-Dujović, S. and Konstantinović, L., 2018, October. Wearable System for the Gait Assessment in Stroke Patients. In International Conference on NeuroRehabilitation (pp. 989-993). Springer, Cham. ISBN: 978-3-030-01844-3 DOI: 10.1007/978-3-030-01845-0\_198 (M33)
8. Popović-Maneski, Lana, and **Ivan Topalović**. "EMG Map for Designing the Electrode Shape for Functional Electrical Therapy of Upper Extremities." International Conference on NeuroRehabilitation. Pisa, Italy, 2018. Springer, Cham, 2018, pp. 1003-1007. ISBN: 978-3-030-01844-3 DOI: 10.1007/978-3-030-01845-0\_201 (M33)

в) Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34):

1. Dujovic, S.D., Vidaković, A., Đorđević, O., Gavrilović, M., Rosic, S.S., Popović, D., **Topalović, I.** and Konstantinović, L., 2018. Poster 89: The Effects of Foot Drop Stimulator on the Parameters of Functional Locomotion in Subjects with Stroke-Related Foot Drop. PM&R, 10(9), p.S35. ISSN: 1934-1482 DOI: 10.1016/j.pmrj.2018.08.114

г) Монографска студија/поглавље у књизи M12 или рад у тематском зборнику међународног значаја (M14):

1. Popović-Maneski, Lana, and **Ivan Topalović**. "EMG Map for Designing the Electrode Shape for Functional Electrical Therapy of Upper Extremities." Byosystems & Biorobotics, Springer International Publishing, 2019, Vol.21, pp.1003-1007, ISSN: 2195-3562; ISBN: 978-3-030-01845-0; DOI:10.1007/978-3-030-01845-0\_201

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација под називом „Примена мултиканалне електромиографије у рехабилитацији“ је резултат вишегодишњег истраживања у Лабораторији за биомедицинску инструментацију и технологије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Део рада је био у сарадњи са експертима Клинике за рехабилитацију „Др Мирослав Зотовић“ у Београду. Кандидат је у тези показао да је



детаљно упознат са стањем у области, новим методама мерења електрофизиолошких сигнала, напредним методама обраде сигнала, и примене користећи највише етичке стандарде. У тези је кандидат приказао нову методу третирања мултиканалног униполарног електромиографског сигнала. Резултати научног истраживања приказаног у тези су директно применљиви у рехабилитацији пацијената са сензорно-моторним оштећењима. У тези је кандидат доказао своју хипотезу да је користећи сигнале добијене применом вишеканалног уређаја за снимање електрофизиолошких сигнала уз синхроно снимљену динамику покрета могуће генерисати темпорално-просторне моделе који могу да унапреде: 1) процену стања мишића пре, у току и после рехабилитације, и 2) управљање системима за ресторацију сензорно-моторних функција. Дисертација показује да је кандидат у стању да дисеминира своја знања и отвори нове путеве у истраживањима.

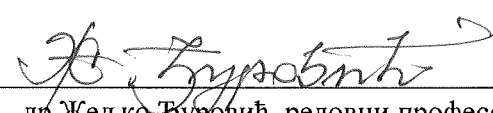
На основу реченог са задовољством предлажемо Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом „Примена мултиканалне електромиографије у рехабилитацији“ кандидата Ивана Топаловића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 7. јула 2020. године

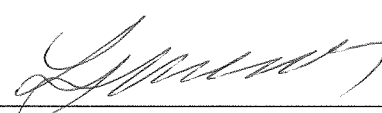
#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



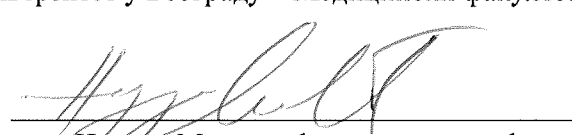
др Дејан Б. Поповић, члан САНУ, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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



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



др Надица Миљковић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет