

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Јелене Кљајић

Одлуком бр. 75/26 од 16.01.2024. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Јелене Кљајић, под насловом

„*In-silico* модел периферног нерва у циљу планирања интранеуралне стимулације“

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Јелена Кљајић је школске 2015/2016. године уписала докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, модул „Управљање системима и обрада сигнала“. Током студија је положила све испите са просечном оценом 9,9 и испунила све обавезе везане за студијски истраживачки рад предвиђене планом и програмом.

Кандидаткиња је 10.12.2021. поднела пријаву теме за израду докторске дисертације под насловом „Развој и унапређење метода израде *in-silico* модела периферног нерва у циљу планирања интранеуралне стимулације“. Комисија за студије трећег степена је на својој седници 14.02.2022. године разматрала предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације упутила Наставно-научном већу на усвајање.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду је на својој седници бр. 870 одржаној 22.02.2022. године именовало Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (одлука број 5033/15-1 од 04.03.2022. године) у следећем саставу:

1. др Лазар Сарановац, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
2. др Владимир Илић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Факултет спорта и физичког васпитања
3. др Станиша Распоповић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду - Институт „Михаило Пупин“

За ментора докторске дисертације су предложени др Жељко Ђуровић, редовни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет и др Милица Јанковић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет.

Јавна усмена одбрана теме докторске дисертације кандидата је одржана на Електротехничком факултету у Београду дана 23.03.2022. године пред комисијом у саставу: др Лазар Сарановац, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет, др Владимир Илић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Факултет спорта и физичког васпитања и др Станиша Распоповић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду - Институт „Михаило Пупин“. Комисија је једногласно закључила да је кандидаткиња Јелена Кљајић на јавној усменој одбрани предложене теме добила оцену „задовољила“. Комисија је предложила промену наслова теме тако да гласи: „*In-silico* модел периферног нерва у циљу планирања интранеуралне стимулације“. Заједно са предложеним менторима докторске дисертације, др Жељком Ђуровићем, редовним професором Електротехничког факултета Универзитета у Београду и др Милицом Јанковић, ванредним професором Електротехничког факултета Универзитета у Београду, комисија је поднела Извештај за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације Јелене Кљајић.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета Универзитета у Београду је на својој седници бр. 873 одржаној 17.05.2022. године усвојило Извештај за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (одлука број 5033/15-2 од 17.05.2022). Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је дало сагласност на одлуку Наставно-научног већа Електротехничког факултета о прихватању теме докторске дисертације Јелене Кљајић под називом „*In-silico* модел периферног нерва у циљу планирања интранеуралне стимулације“ и одређивању др Жељка Ђуровића, редовног професора Универзитета у Београду - Електротехничког факултета и др Милице Јанковић, ванредног професора, Универзитета у Београду - Електротехничког факултета за менторе докторске дисертације (одлука број 61206-2/2-22 од 06.06.2022.).

Кандидаткиња је 25.12.2023. године предала урађену докторску дисертацију на преглед и оцену. Комисија за студије трећег степена је на својој седници 09.01.2024. године потврдила испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета је на својој седници бр. 893 одржаној 16.01.2024. године именовало Комисију за преглед и оцену докторске дисертације (одлука број 75/26 од 16.01.2024) у следећем саставу:

1. др Жељко Ђуровић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
2. др Милица Јанковић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
3. др Горан Квашчев, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
4. др Станиша Распоповић, доцент, Eidgenossische Technische Hochschule Zurich
5. др Лазар Сарановац, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

Провера оригиналности докторске дисертације је извршена на основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и на основу извештају из програма iThenticate је констатовано подударање текста од 9%, као последица цитата, личних имена, наставних и истраживачких звања, библиографских података о коришћеној литератури и сличних општих места и података, као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања који су проистекли из њене дисертације. У складу с тим, став Комисије је да докторска дисертација представља оригинални научни рад кандидаткиње Јелене Кљајић.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Јелене Кљајић припада научној области Техничке науке – Електротехника и рачунарство, за коју је матичан Електротехнички факултет Универзитета у Београду. У ужем смислу, дисертација припада научној области биомедицинско инжењерство. За менторе дисертације именовани су др Жељко Ђуровић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду, и др Милица Јанковић, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Ментори имају вишегодишње истраживачко и наставно искуство везано за научне области којима припада докторска дисертација кандидаткиње.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Јелена Кљајић рођена је у Београду, 1991. године. Завршила је Трећу београдску гимназију у Београду 2010. године, а Електротехнички факултет Универзитета у Београду 2014. године. Дипломирала је на одсеку за Сигнале и системе. Мастер студије завршила је такође на Електротехничком факултету у Београду 2015. године, одсек за Сигнале и системе. Бави се радом у области биомедицине од треће године основних студија Електротехничког факултета у Београду, где је, као део тима БМИТ лабораторије, била укључена на неколико радова и конференција у земљи и иностранству. 2014. године, у оквиру REL лабораторије Универзитета у Торонту, учествује на пројекту под вођством проф. др Милоша Поповића.

Од марта 2015. године ради у Институту Михајло Пупин у Београду, где је била запослена у предузећу „ИМП – Рачунарске системи д.о.о.“. Докторске студије на Електротехничком универзитету у Београду такође уписује 2015. године, на модулу Управљање системима и обрада сигнала, на којима јој је руководилац био проф. др Жељко Ђуровић. И даље у оквиру Института Михајло Пупин, 2019. године прелази у тим под вођством доцента др Станише Распоповића, где почиње са радом на пројектима из области неуралног инжењерства, између осталог израдом реалистичних рачунарских 3Д модела периферних нерава у циљу враћања сензорног осећаја у случају оштећења периферних нерава, као и изучавањем феномена сензорне адаптације периферних нерава и њеног моделовања. Од пролећа 2022. ради у оквиру Центра за роботiku Института Михајло Пупин. У току рада, учествовала је на бројним пројектима, научним и комерцијалним, унапређујући знања из домена обраде сигнала и података, препознавања облика, рада на симулацијама, управљања процесима, машинског учења, анализе система, развоју софтвера итд.

Основне области којима се бавила у току рада на дисертацији су: биомедицинско инжењерство, неурално инжењерство, обрада сигнала, израда рачунарских модела периферних нерава, развој модела сензорне адаптације нерава, обрада података, управљање системима. Током докторских студија објавила је неколико публикација у научним часописима с импакт фактором и учествовала на међународним конференцијама.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација по форми и структури у потпуности одговара Упутству за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду. Писана је на српском језику и има укупно 88 страна. Садржи 50 слика, 3 табеле, 37 нумерисаних једначина и 191 библиографску референцу. Делови дисертације су:

- Насловна страна на српском језику
- Насловна страна на енглеском језику
- Страна са информацијама о менторима и члановима комисије

- Захвалница
- Страна са подацима о докторској дисертацији на српском језику
- Страна са подацима о докторској дисертацији на енглеском језику
- Садржај
- Списак слика
- Списак табела
- Текст рада по поглављима:
 1. Увод
 2. Морфологија и природни механизми функционисања периферног нервног система
 3. Електро-неурални модел (ЕНМ) и ПроприоСтим
 4. Реконструкција нервних контура на основу неуређених тачака
 5. Сензорна адаптација
 6. Закључак
 7. Прилог 1
- Референце

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље даје увид у мотивацију за израду ове дисертације, као и тренутно стање технике у сфери науке која се бави сродном проблематиком. Изложени су циљ истраживања, полазне хипотезе и научни допринос истраживања, као и структура дисертације.

Друго поглавље представља осврт на појмове и карактеристике нервног система који су уско повезани са техничким принципима и методама изложеним у овој тези. Поред анатомије периферних нерава и начина провођења сигнала кроз нервни систем, посебна пажња посвећена је и комплексној унутрашњој топографији периферних нерава.

Треће поглавље уводи појам Електро-неуралног модела (ЕНМ). Имплементиран је реалистичан 3D модел за интранеуралну стимулацију, интегришући компартменталне моделе аксона у модел периферног нерва методом коначних елемената. Модели нерва су реконструисани у три димензије на основу хистолошких пресека узетих од двојице пацијената с ампутацијом, што је омогућило да се поштује природни лонгитудинални развој нервних фасцикула. ЕНМ је имплементиран и тестиран у оквиру структуре *ProprioStim*, која се бави енкодирањем проприоцепције кроз електронеуралну стимулацију. Циљ је било вештачко реплицирање сложене активности проприоцептора како би се побољшала прецизност и природност проприоцептивних сензација код особа код којих је извршена ампутација екстремитета.

Четврто поглавље посвећено је методи намењеној за реконструкцију нервних контура на основу неуређеног скупа тачака, која на потпуно иновативан начин комбинује непараметарску кластеризацију, адаптивни Калманов филтар и класификациону методу најближих суседа. У питању је техника првенствено развијена и намењена за примену у оквиру ЕНМ-а, али која има велики потенцијал за примену и у бројним другим областима науке и технике.

У петом поглављу описан је нови модел који за циљ има симулирање сензорне адаптације. У питању је природни феномен који још увек није у довољној мери изучен, а који непредвиђено и негативно може утицати на резултат електростимулације периферног нерва или на рад простетичких уређаја. Истраживање које је рађено у оквиру ове тезе, као и модел који се из њега изродио, замишљени су као корак ка успешном предвиђању адаптације која се јавља услед дуже константне електростимулације нервног система.

Шесто поглавље сумира постигнуте резултате, пружа осврт на постављене хипотезе и даје предлог за потенцијалне правце даљег рада.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација се бави решавањем проблема са којима се сусрећу особе које су претрпеле ампутацију екстремитета, конкретно, недостатком повратне сензорне информације из недостајућег уда. Иако је на пољу науке и технике остварен велики напредак у виду метода које би успешно надоместиле недостајуће осећаје из спољашњости, остало је још доста проблема за које није пронађено решење. Међу онима које су у фокусу ове дисертације првенствено се могу навести: вернија тродимензионална репрезентација *in-silico* модела периферног нерва, метод реконструкције контура који је адекватан за геометрију нервних контура, природнији осећај недостајуће проприоцепције, као и проблем појаве нежељене сензорне адаптације услед продужене нервне стимулације.

Директна интранеурална стимулација носи велики потенцијал по питању враћања природних сензација из недостајућег дела екстремитета. Ипак, њена имплементација стандардно подразумева преклиничке, као и бројне клиничке експерименте над животињама или људима. Међутим, то уједно чини спровођење оваквих експеримената веома захтевним, првенствено због њихове комплексности, инвазивности, високих трошкова, као и ризика које са собом носе. Бројни експерименти и студије показали су да су рачунарски модели адекватна алтернатива у планирању стратегије стимулације и поставке електроде. Наиме, њима се омогућава неопходно предзнање и планирање начина стимулације, пре икаквих клиничких захвата. Ипак, када се ради о моделирању нерва, постојеће технике не узимају у обзир изузетну комплексност геометрије дуж лонгитудиналне осе. Из тог разлога, један од доприноса ове тезе јесте опсежно истраживање о унутрашњој топографији периферних нерава кроз релевантну литературу, као и поштовање реалистичног изгледа нерва приликом моделирања, у оквиру предложеног Електро-неуралног модела (ЕНМ). ЕНМ је специјално развијена, унапређена верзија постојећих приступа преклиничног планирања стимулације помоћу *in-silico* моделирања и представља један од главних резултата ове дисертације. У оквиру рада на дисертацији, развијена је стратегија моделовања и кодирања реалистичног осећаја проприоцепције путем електронеуралне стимулације, названа *ProprioStim*. Уједно, ЕНМ је имплементиран и валидиран на реалним подацима у оквиру *ProprioStim* стратегије.

Развијен је и предложен алгоритам који је у стању да на основу несортираних тачака успешно изврши реконструкцију кривих карактеристичних за геометрију периферних нерава. Наиме, *state-of-the-art* алгоритми, показујући квалитет који се одражава кроз применљивост на широкој лепези могућих примера, неретко недовољно успешно реконструишу поједине случајеве какви су карактеристични за изглед нерва. Алгоритам развијен у оквиру ове дисертације управо у поменутим случајевима показује супериорност у односу на постојеће методе. Иновативност алгоритма огледа се у комбиновању *valley-seeking* методе кластеризације (методе тражења долина), адаптивбилног Калмановог филтра и класификационе методе најближих суседа.

Када се ради о електростимулацији периферног нервних система, дисертацијом је обухваћен још један изузетно битан аспект - сензорна адаптација, тј. смањена активност нерава која се може јавити услед продужене стимулације. Овакав непредвидив и неусаглашен одзив није допустив када се ради о неуропростетици, где је потребна потпуна поузданост како би се кориснику у сваком тренутку пружиле значајне сензорске информације. У оквиру тезе је развијен модел намењен за предвиђање појаве овог феномена.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији је анализирана обимна релевантна литература. Кандидаткиња је детаљно проучила литературу из области сензорне ресторације, структуре и геометрије периферних нерава, електричне неуростимулације и реконструкције контура у

двострумензионалном простору. Кандидаткиња је показала ширину у сагледавању проблема који је предмет дисертације, цитирајући базичне, али и актуелне радове објављене у престижним научним часописима. Списак литературе укључује и радове које је кандидаткиња публиковала као аутор или коаутор, верификујући научне доприносе ове дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У докторској дисертацији су коришћене адекватне инжењерске и научне методе:

- Анализа постојеће литературе која доприноси сагледавању карактеристика унутрашње топографије периферних нерава.
- Развој Електро-неуралног модела, чији је један од главних доприноса поузданом преклиничком планирању електростимулације нерва реалистично 3Д моделовање периферног нерва, базирано на реалним хистолошким подацима.
- Израда реалистичног *in-silico* модела интранеуралних електрода коришћених у ранијим клиничким експериментима.
- Имплементација Електро-неуралног модела у *ProprioStim*, стратегију планирања биомиметичке стимулације у циљу враћања природног осећаја проприоцепције, која је развијена у току рада на дисертацији.
- Развој алгоритама за реконструкцију нервних контура који на иновативан начин комбинује адаптивни Калманов филтар, непараметарску кластеризацију и класификациону методу најближих суседа.
- Истраживање и анализа доступне литературе која се тиче феномена сензорне адаптације.
- Развој модела који служи за моделирање сензорне адаптације приликом електричне неуростимулације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Електро-неурални модел (ЕНМ), са реалистичним, трострумензионалним приказом периферног нерва, пружа већу прецизност при моделирању нервне геометрије, тиме унапређујући начин рачунарског моделовања и планирања стратегије електростимулације периферних нерава. Иако је ЕНМ првенствено предвиђен за потребе враћања недостајућих осећаја из изгубљеног екстремитета, принципи и методе заступљени у овој тези могу послужити као основ при делимичном или потпуном губитку осећаја на периферним деловима екстремитета услед неуропатије, можданог удара и других обољења и здравствених потешкоћа.

С обзиром на директну применљивост *ProprioStim* стратегије у неуропростетици, као и његов потенцијал за оптимизацију кодирања у различитим неуролошким апликацијама, ова парадигма такође може бити корисна у развоју интерфејса између човека и машине. Предложена техника обећава побољшање у интеракцији с периферним нервним системом и смањење трошкова и комплексности у преклиничким испитивањима. *ProprioStim* се уједно представља као корисно средство за усвајање биоинспирисаних стратегија кодирања у будућим неуропростетским интервенцијама.

Техника реконструкције затворених контура на основу групе тачака у двострумензионалном простору својом иновативношћу нуди могућност успешног моделирања комплексне геометрије периферних нерава. Ипак, у питању је метода која тежи да нађе примену или инспирише стварање нових техника и у бројним другим областима.

Модел сензорне адаптације развијен у оквиру дисертације нуди могућност предвиђања појаве овог феномена, нудећи могућност да постане основа за систем који би у реалном времену био у стању да предвиди и избегне адаптацију. Такође, могао би се користити и као додатни блок за хибридно моделирање.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидаткиња је током докторских студија обавила опсежан преглед релевантне литературе која се бави електричном стимулацијом, карактеристикама и унутрашњом структуром периферних нерава, сензорном адаптацијом и реконструкцијом кривих на основу тачака у дводимензионалном простору. Током докторских студија, показала је методичност у раду, успешно сагледала недостатке и уочила простор за унапређење досадашњих приступа и развила нове методе или допринела унапређењу постојећих техника. Кроз публикавање научних радова показала је да је савладала вештине неопходне за успешно публикавање резултата својих истраживања.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Најзначајнији научни доприноси који су остварени у оквиру ове дисертације огледају се у следећем:

- Преглед постојеће литературе која се бави унутрашњом топографијом периферних нерава. Ради се о области која још увек није довољно изучена, а чија су сазнања кључна за израду реалистичног *in-silico* модела ишијадичног нерва.
- Развој нове тродимензионалне методе реконструкције периферног нерва, која узима у обзир познате комплексности ових нерава (омогућене претходно наведеном анализом литературе) и тиме значајно унапређује процес планирања електронеуростимулације.
- Израда реалистичног *in-silico* модела *TIME* електроде, као и детаљно планирање постављања оваквих електрода у нерв.
- Развој концептуалног оквира који се фокусира на планирање биомиметичких стратегија стимулације за рестаурацију природне проприоцептивне сензације код особа са оштећеним периферним нервима. Имплементација овакве стратегије и симулационог окружења које би било саставни део рада неуропротеза значајан је потенцијал за боље разумевање и даљи развој интерфејса човек-машина.
- Примена и комбиновање техника непараметарске кластеризације, адаптивног Калмановог филтра и праћења покретних циљева у реконструкцији структура нерва, која додатно отвара простор за потенцијалну примену ове и сличних метода и у пољима реконструкције медицинске слике и шире у области биомедицине, као и другим сферама науке.
- Моделирање сензорне адаптације, појаве која је до данас још увек недовољно истражена.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу увида у полазне хипотезе, циљ истраживања и остварене резултате, констатујемо да је кандидаткиња Јелена Кљајић успешно одговорила на сва релевантна истраживачка питања докторске дисертације. Алгоритми и методе развијени у овој дисертацији представљају проширења и унапређења постојећих метода планирања електричне интранеуралне стимулације периферног нервног система човека. Они пружају егзактнији увид у комплексну геометрију нерава и, заједно са детаљним и реалистичним моделирањем и поставкама електрода, омогућавају прецизније планирање ефеката електростимулације, доследније реалном случају.

Док данас тек поједине методе успевају да на реалистичан начин дочарају изгубљене проприоцептивне информације, концептуални оквир *ProprioStim* доноси иновативност при

решавању проблема враћања недостајућих проприоцептивних сензација у њиховој природној форми. Такође, значај и иновативност приступа јесте прилагођеност доњем екстремитету, као и то што је конципиран тако да не зависи од нивоа ампутације.

До данас су развијене бројне методе реконструкције контура на основу неуређеног скупа тачака. Неке од њих су у стању да успешно врше реконструкцију најразличитијих врста линија и раде са различитим случајевима група тачака. Ипак, врста проблема реконструкције је таква да ниједан алгоритам није у стању да реши сваки потенцијалан случај. Због тога значај методе развијене у оквиру ове дисертације лежи првенствено у њеној прилагођености природи и геометрији нервних контура. Истовремено, представљена метода може послужити као основа и за бројне друге примене сличне природе.

Сазнања о феномену сензорне адаптације унутар нервног система до данас нису у потпуности истражене. Из тог разлога не постоје ни адекватни модели који би предвидели могућност појаве овог феномена приликом неуростимулације. Модел предложен у оквиру ове дисертације нуди нове увиде у адаптацију соматосензорних нерава током неуростимулације, посебно у контексту виших фреквенција стимулације.

4.3. Верификација научних доприноса

Списак радова у којима је публикован део резултата истраживања у оквиру докторске дисертације Јелене Кљајић дат је у наставку:

Категорија M21:

1. Cimolato, A.*, Ciotti, F.*, **Kljajić, J.***, Valle, G. and Raspopovic, S., Symbiotic electroneural and musculoskeletal framework to encode proprioception via neurostimulation: ProprioStim, - *Iscience*, 26(3), p. 106248, 2023 (**IF₂₀₂₁=6.107**) (ISSN 2589-0042).

* Ови аутори су једнако допринели истраживању.

Категорија M22:

1. **Kljajić, J.**, Kvašček, G., Đurović, Ž., Reconstructing Nerve Structures from Unorganized Points, - *Applied Sciences*, 13(20), p.11421, 2023 (**IF₂₀₂₁=2.838**) (ISSN 2076-3417).

Категорија M33:

1. **Kljajić, J.**, Valle, G., Raspopovic, S., Modeling sensory adaptation to peripheral nerve stimulation, - *10th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER)*, Italy, 2021., pp. 788-791 (ISBN 978-1-7281-4338-5).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација Јелене Кљајић под насловом „*In-silico* модел периферног нерва у циљу планирања интранеуралне стимулације“ (енг. „*In-silico* modeling methods used for peripheral intraneural stimulation planning“) испуњава све суштинске и формалне услове предвиђене Законом о високом образовању, као и прописима Универзитета у Београду и Електротехничког факултета. Значајан део истраживања у оквиру докторске дисертације реализован је захваљујући сарадњи са Лабораторијом за неуроинжењеринг на ЕТХ у Цириху. У докторској дисертацији је кандидаткиња потврдила постављене хипотезе. Развијени су нови приступи који унапређују постојеће методе планирања електричне интранеуралне стимулације периферног нервног система.

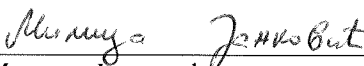
Имајући у виду наведено, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „In-silico модел периферног нерва у циљу планирања интранеуралне стимулације“ кандидаткиње Јелене Кљајић прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 06.03.2024. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Жељко Туровић редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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



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



др Станиша Распоповић, доцент
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich



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

