Универзитет у Београду
Електротехнички факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Тушара Сингха

Одлуком бр. 1641/24 од 15.09.2026. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену дисертације кандидата Тушара Сингха под насловом

„Контролисано тродимензионално електромагнетско моделовање система за добијање микроталасних слика у медицини"

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

И З В Е Ш Т А Ј

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

30.03.2023. године кандидат је пријавио тему за израду докторске дисертације.

04.04.2023. године Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије за оцену научне заснованости теме и упутила Наставно-научном већу на усвајање.

24.04.2023. године Наставно-научно веће именовало је Комисију за оцену научне заснованости теме докторске дисертације.

13.06.2023. године Наставно-научно веће усвојило је извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације.

10.07.2023. године Веће научних области техничких наука дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације. Решење број 61206-2513/2-23 од 10.07.2023.

27.08.2026. године кандидат је предао докторску дисертацију на оцену

01.09.2026. године Комисија за студије трећег степена потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за оцену докторске дисертације.

15.09.2026. године Наставно-научно веће Факултета именовало је Комисију за оцену докторске дисертације (број одлуке 1641/24 од 15.09.2026. године).

1.2. Научна област дисертације

Дисертација кандидата Тушара Сингха под називом **„Контролисано тродимензионално електромагнетско моделовање система за добијање микроталасних слика у медицини"** припада научној области Електротехника и рачунарство, ужа научна област

Електромагнетика, антене и микроталаси за коју је матичан Електротехнички факултет у Београду. За ментора дисертације одређена је др Марија Стевановић, редовни професор Електротехничког факултета у Београду, која има вишегодишње искуство у микроталасном формирању слике, електромагнетском моделовању и нумеричкој електромагнетици, што су уједно и теме ове дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Тушар Сингх је рођен 1990. године у Алахабаду, Индија. Основне студије је завршио 2012. године на Мадан Мохан Малавија технолошком институту у Горакпуру, Индија (Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur, India), на одсеку за електронику. Мастер студије из области микроталасне технике је завршио 2014. године на Индијском технолошком институту у Варанасију, Индија (Indian Institute of Technology Varanasi, India). У свом мастер раду бавио се пројектовањем, израдом и мерењем антена у милиметарском опсегу за потребе сателитских комуникација.

У периоду између 2014. и 2018. године радио је као асистент на универзитету KIIT у Бубанешвару, Индија (KIIT University, Bhubaneswar, India) где је држао вежбе из предмета електромагнетика, антене и простирање, обрада сигнала и дигитална обрада слике. Аутор је индијског патента под насловом: "Систем и метод за праћење загађења у ваздуху".

У оквиру програма EMERALD (ElectroMagnetic imaging for a novel genERation of medicAL Devices), MSCA-ITN EU Horizon 2020, уписао је докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, модул Микроталасна техника. Положио је све предмете предвиђене наставним планом са просечном оценом 10. Истраживање је радио у сарадњи са компанијом WIPL-D, где му је главни задатак био електромагнетско моделовање микроталасних медицинских уређаја у присуству реалистичних људских модела. У оквиру пројекта, радио је на развијању библиотека са антенама, антенским низовима, ткивима и осталим компонентама које олакшавају прављење електромагнетских модела истраживачима из области биомедицине. Аутор је и коаутор више научних и стручних радова, од којих су два објављена у часописима са SCI листе у категоријама M21a и M21, као и поглавља у књизи.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација је написана на енглеском језику. Достављена електронска верзија садржи 94 страну, укључујући насловне и уводне стране, основни текст, списак литературе, биографију аутора и прописане изјаве. Основни текст је организован у шест поглавља. Дисертација садржи 35 слика и 7 табела, а списак коришћене литературе обухвата 74 референце.

Поглавља докторске дисертације су:

1. Увод
2. Опис проблема у микроталасном снимању у медицини
3. Електромагнетско моделовање проблема у микроталасном снимању
4. Контролисано упрошћавање нумеричких модела дефинисаних помоћу троугаоних мрежа и њихова конверзија у четвороугаоне мреже високе веродостојности
5. Нумерички резултати и валидација тродимензионалног електромагнетског моделовања контролисане тачности
6. Закључак

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу дат је преглед савремених система који користе микроталасно зрачење за добијање медицинских слика, пре свега у дијагностици можданог удара. Објашњени су мотивација за развој оваквих система и могућности њиховог унапређења у домену електромагнетског моделовања. Наиме, неизоставан део пројектовања и тестирања микроталасних мерних система за медицинску дијагностику, као и алгоритама за реконструкцију слика на основу измерених података, јесте примена реалистичних модела делова људског тела од интереса, са одговарајућим ткивима. Ови модели се најчешће представљају детаљним троугаоним мрежама добијеним на основу снимака магнетном резонанцом. Због великог броја елемената, њихова директна примена у програмима за нумеричку електромагнетску анализу често захтева неприхватљиво велике рачунарске ресурсе. У дисертацији је стога представљен поступак њиховог контролисаног поједностављења уз минимално нарушавање геометријске тачности и тачности симулација.

У другом поглављу представљен је типичан сценарио микроталасног снимања главе који је разматран у дисертацији. Он обухвата реалистичан електромагнетски модел главе, састављен од најзначајнијих ткива, и мерни систем у облику антенског низа тесно приљубљеног уз кожу. Описане су антене које се уобичајено користе за ову намену. Представљено је и ново антенско решење. Такође, предложена је полуаутоматска процедура за оптимално распоређивање антена у облику саћа, којом се настоји да се у ограниченом простору омогући смештање што већег броја антенских елемената.

У трећем поглављу описан је електромагнетски софтвер коришћен за прорачун одзива антенског низа у присуству фантома. Софтвер се заснива на површинској формулацији интегралних једначина, апроксимацији непознатих величина базним функцијама вишег реда и решавању добијених једначина применом методе момената.

У четвртом и петом поглављу представљени су главни научни доприноси дисертације. У четвртом поглављу описана је оригинална метода за децимацију густих троугаоних мрежа којима се представљају граничне површи ткива у реалистичним фантомима главе. Предложени поступак је општи и може се применити у различитим проблемима у којима је потребно контролисано смањити густину мреже тако да одступање од оригиналне геометрије буде минимално. Поред тога, представљен је поступак за ефикасну конверзију поједностављених мрежа у четвороугаоне мреже, као и метрике за процену њиховог квалитета.

У петом поглављу описан је поступак за процену нумеричке поузданости резултата електромагнетске анализе на основу испитивања конвергенције. Уведене су метрике за процену грешке резултата у зависности од степена геометријског одступања насталог смањењем броја троуглова, као и од референтне учестаности примењене у нумеричкој анализи.

Шесто поглавље садржи закључак дисертације, у коме су сумирани најважнији научни доприноси и изложене смернице за будући рад.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Развој система за медицинску дијагностику на бази микроталаса је значајна тема због низа предности ових уређаја попут преносивности и повољне цене, као и због безбедности мерног поступка по здравље пацијента и оператера услед тога што се не користи јонизујуће зрачење. Основна премиса за рад оваквих уређаја је да се свака промена здравог ткива (цисте, тумори, угрушци, итд.) манифестује као одступање пермитивности у односу на пермитивност здравог ткива. Са становишта микроталасних мерења, ове промене пермитивности изазивају

пертурбације параметара расејања које се могу измерити. Измерени сигнали, заједно са резултатима електромагнетског моделовања здравог ткива, прослеђују се алгоритму за добијање слике ради утврђивања места, величине и типа промене. Основни елементи нумеричког окружења за развој и тестирање система за микроталасно снимање су: (1) антенски низ састављен од компактних антена прилагођених за рад у присуству дела тела од интереса, (2) фантом (нумерички или физички модел који верно представља део тела од интереса), (3) програм за електромагнетску анализу и (4) програм за добијање слике. Стога је прецизно и ефикасно електромагнетско моделовање од изузетног значаја за развој и процену перформанси таквог система.

Циљ дисертације био је развој метода за постизање високе тачности нумеричких симулација уз разумно време извршавања које би омогућило коришћење система за микроталасно снимање у реалном времену. Наиме, због изузетне нехомогености људских ткива овакви модели су изузетно сложени и захтевају решавање система једначина са огромним бројем непознатих. Додатно, захтева се већа тачност од уобичајене због малих промена нивоа поља услед модификације ткива.

Генерално, нумеричке методе које могу да се користе у поменутом контексту деле се на две веће групе чији су најважнији представници:

1) Метод момената примењен на површинске интегралне једначине (Method of Moment applied to Surface Integral Equation или MoM/SIE) који одређује непознате еквивалентне струје дуж површинских градивних елемената (троуглови или четвороуглови) и
2) Метод коначних елемената (Finite Element Method или FEM), метод коначних разлика у временском домену (Finite Difference Time Domain или FDTD), метод коначне интеграције (Finite Integration Technique или FIT) и метод момената примењен на запреминске интегралне једначине (MoM applied to Volume Integral Equation или MoM/VIE). Ови методи одређују непознато поље унутар запреминских градивних елемената као што су тетрахедрони и хексахедрони.

Реалистични модели људског тела су обично дефинисани помоћу огромног броја троуглова или хексахедрона, те би њихово директно коришћење довело до неприхватљиво дугог времена извршавања симулација. Због тога је од пресудног значаја развој метода које на контролисани начин смањују број троуглова или хексахедрона и конвертују их у пожељније градивне елементе као што су четвороуглови или тетрахедрони, уз очувану тачност електромагнетске симулације.

Фокус ове дисертације је оспособљавање електромагнетских модела високе резолуције добијених магнетном резонанцом за коришћење у програмима за нумеричку електромагнетику који користе MoM/SIE технологију. Да би се то постигло, развијене су оригиналне методе за контролисану децимацију оригиналних троугаоних мрежа и њихову ефикасну конверзију у четвороугаоне мреже.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У дисертацији постоје 74 библиографске јединице, које обухватају радове и монографије из области нумеричке електромагнетике, геометријског моделовања, пројектовања антена и микроталасног формирања слике. Коришћене референце укључују фундаменталне изворе, као и новије публикације релевантне за тему дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Основни циљ дисертације је развој поступака који омогућавају поуздано и рачунарски ефикасно електромагнетско моделовање реалистичних сценарија микроталасног снимања у медицини. Остваривање овог циља захтева разматрање компромиса између геометријске

веродостојности модела и тачности резултата нумеричке анализе. Већи геометријски ниво детаља, гушћа сегментација и виши ред базисних функција повећавају драматично број непознатих што непосредно утиче на рачунарску захтевност симулација, а тиме и на могућност примене микроталасног снимања у реалном времену. У том контексту, развијене су методе за обраду модела добијених магнетном резонанцом које обухватају контролисану децимацију троугаоних мрежа, поправку мрежа и њихову конверзију у квалитетне четвороугаоне мреже.

Утицај геометријског поједностављења и параметара нумеричке анализе испитан је систематски. Анализирана је конвергенција резултата од значаја за микроталасно формирање слике као што су блиско поље, параметри расејања и оператор инверзног расејања у зависности од референтне учестаности, односно, величине четвороуглова и реда базисних функција. Примењене методе су адекватне постављеном циљу дисертације, јер омогућавају да се геометријско поједностављење реалистичних модела разматра заједно са његовим утицајем на електромагнетске резултате и рачунарске захтеве симулација.

3.4. Применљивост остварених резултата

Остварени резултати имају примену у електромагнетском моделовању реалистичних сценарија медицинског микроталасног снимања, у којима сложеност анатомских модела представља значајан рачунарски изазов. Развијени поступци контролисаног поједностављења геометрије и конверзије троугаоних у четвороугаоне мреже омогућавају прилагођавање геометријских модела захтевима електромагнетске анализе, уз контролу одступања од изворне геометрије.

Методологија за испитивање конвергенције и процену утицаја параметара нумеричке анализе омогућава да се процени поузданост добијених резултата и изабере одговарајући ниво дискретизације у односу на расположиве рачунарске ресурсе. Ово је посебно значајно за примене у којима је потребно ограничити време извршавања симулација, укључујући развој система за медицинско микроталасно снимање са потенцијалом за рад у реалном времену.

Резултати дисертације могу се користити и у другим електромагнетским проблемима који захтевају анализу сложених геометрија и контролу нумеричке грешке. Развијени поступци представљају основу за даље унапређење ефикасности електромагнетског моделовања и његову примену у реалистичним симулационим сценаријима.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу анализе докторске дисертације, примењених научних метода, интерпретације резултата и досадашњег научноистраживачког рада, Комисија оцењује да је кандидат Тушар Сингх стекао висок степен научне и истраживачке самосталности.

Кандидат је показао способност да у сложеном истраживачком проблему који обухвата више научних и техничких области, препозна и формулише научно питање, критички анализира постојећу литературу и развије нову методологију.

Релевантност остварених резултата потврђена је њиховим публиковањем у часописима *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* (категорија М21а) и *IEEE Access* (категорија М21). Академски успех и професионално искуство кандидата у развојноистраживачком сектору додатно поткрепљују позитивну оцену његовог научноистраживачког рада.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Главни циљ ове дисертације био је развој ефикасне стратегије за нумеричку анализу сложених електромагнетских проблема, као што је моделовање мерног система за медицинско микроталасно снимање. Стратегија се састоји од низа поступака који омогућавају смањење броја непознатих у нумеричком моделу, уз квантитативну процену утицаја тог смањења на тачност симулација. Главни научни доприноси дисертације су:

- Развој методе за децимацију троугаоног геометријског модела и његову конверзију у четвороугаону мрежу, уз контролу геометријског одступања поједностављеног модела од оригиналне геометрије.
- Развој методе за испитивање конвергенције резултата симулација блиског електромагнетског поља и параметара расејања у зависности од усвојеног степена геометријског поједностављења, као и параметара који одређују тачност нумеричке анализе, укључујући број непознатих, ред базних функција и референтну учестаност.
- Развој методе за процену квалитета електромагнетских симулација на основу квалитета реконструисаних слика, односно резидуала једначине инверзног расејања.

Развијена метода за контролисану децимацију заснива се на праћењу средњег и максималног геометријског одступања децимираног модела од изворне геометрије. Полази се од технике спајања темена (*vertex collapse*), која је унапређена увођењем услова за прихватање сваког спајања: оно се извршава само ако је максимално геометријско одступање које при том настаје мање од задате граничне вредности.

Децимирани модел се затим контролисано конвертује у четвороугаону мрежу. У првој фази, парови троуглова спајају се у четвороуглове само ако је угао између њихових нормала мањи од задате граничне вредности. Добијена мешана троугаоно-четвороугаона мрежа затим се трансформише у мрежу састављену искључиво од четвороуглова, при чему се квалитет елемената прати помоћу одговарајућих метрика. На овај начин смањује се број непознатих у електромагнетском моделу, уз контролу квалитета мреже.

Будући да у сложеним проблемима медицинског микроталасног снимања број непознатих може бити веома велики, испитивање конвергенције целокупног система захтева значајне рачунарске ресурсе. Због тога је развијена стратегија која омогућава независно испитивање утицаја референтне учестаности на поједине делове система, чиме се смањују рачунарски захтеви и олакшава анализа специфичности моделовања фантома и антена. Систематско испитивање показало је да је, у разматраној конфигурацији, референтна учестаност двоструко већа од оперативне довољна за постизање стабилности нумеричких резултата.

Развијене методе валидиране су на реалистичном сценарију медицинског микроталасног снимања, који обухвата мерни систем у облику низа од 21 посебно пројектоване микротракасте антене и реалистичан модел људске главе састављен од пет ткива. Разматрани су случајеви са и без присуства крвног угрушка.

Поред главних научних доприноса, у дисертацији је разматрано и одређивање еквивалентног хомогеног фантома. Применом Лихтенекерове формуле одређена је почетна вредност релативне пермитивности хомогеног фантома, која је затим оптимизована градијентном методом. Поређење параметара расејања показало је добро поклапање електромагнетског одзива хомогеног фантома и анатомски сложенијег фантома који садржи седам ткива.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Тачност електромагнетских симулација уобичајено се процењује поређењем са

експерименталним резултатима, резултатима добијеним применом других метода или испитивањем конвергенције нумеричког решења при постепеном уфињавању модела. Примена ових поступака у сложеним сценаријима медицинског микроталасног снимања суочава се са одређеним ограничењима. Експериментална провера често се спроводи на поједностављеним фантомима, који не обухватају сложеност реалистичне анатомије, док су у литератури ограничено заступљена испитивања конвергенције прилагођена специфичним захтевима ових система.

У том контексту, значајан допринос дисертације представља развој поступака за контролисано поједностављење геометрије, као и поступака за испитивање конвергенције електромагнетских резултата. Посебна вредност развијене стратегије је у томе што омогућава испитивање појединих делова система независно од целокупног модела, чиме се олакшава анализа и смањују рачунарски захтеви.

Значај овакве провере произлази и из чињенице да недовољан квалитет реконструисане слике сам по себи не омогућава поуздано утврђивање узрока неуспеха, који може бити повезан са карактеристикама антенског низа, тачношћу електромагнетске анализе или ограничењима алгоритма за реконструкцију. Зато је провера поузданости електромагнетског моделовања пре примене алгоритама за реконструкцију важан корак у развоју система за медицинско микроталасно снимање.

Резултати дисертације показују применљивост развијених поступака на разматраном реалистичном сценарију. Међутим, њихов домет треба сагледати у оквиру испитаних конфигурација, а добијене закључке не треба без додатне провере уопштавати на све системе и сценарије медицинског микроталасног снимања. Развијени поступци представљају основу за систематичнију процену поузданости електромагнетских симулација и за припрему података директног проблема који се користе у реконструкцији медицинских микроталасних слика.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси ове дисертације су потврђени радовима у часописима категорије М21а и М21, где је Тушар Сингх први аутор. Први рад је у непосредној вези са тезом, док се у другом раду кандидат бави унапређењем алгоритма за микроталасно формирање слике.

Категорија М21а

1. T. Singh, B. M. Ninkovic, M. S. Tasic, M. N. Stevanovic and B. M. Kolundzija, "3-D EM Modeling of Medical Microwave Imaging Scenarios With Controllable Accuracy," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 71, no. 2, pp. 1640-1653, Feb. 2023, doi: 10.1109/TAP.2022.3209244. (IF = 5.7)

Категорија М21

2. T. Singh, D. M. Ninkovic, B. M. Kolundzija and M. N. Stevanovic, "Smooth Polynomial Approach for Microwave Imaging in Sparse Processing Framework," in IEEE Access, vol. 10, pp. 120616-120629, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3217221. (IF =3.9)

Категорија М33

1. T. Singh, M. N. Stevanovic and B. Kolundzija, "Survey and Classification of Antennas for Medical Applications," 2019 13th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), Krakow, Poland, 2019, pp. 1-5.
2. M. Stevanetic, B. Kolundzija, T. Singh, and M. N. Stevanovic, "Simulation Study of Voxel-Based Head Phantom for Medical Microwave Imaging," in Proc. 9th International

Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN), Novi Pazar, Serbia, Jun. 2022, pp. AP1.4-1–AP1.4-5.

3. B. Kolundzija, M. N. Stevanovic, M. Stevanetic, B. Ninkovic and T. Singh, "Advanced 3D EM Simulation Environment for Development, Testing, and Usage of Medical Microwave Imaging Devices," 2019 14th International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications (TELSIKS), Nis, Serbia, 2019, pp. 186-189, doi: 10.1109/TELSIKS46999.2019.9002224.
4. T. Singh, M. Stevanetic, M. Stevanovic and B. Kolundzija, "Homogenization of Voxel Models using Material Mixing Formulas," 2020 14th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), Copenhagen, Denmark, 2020, pp. 1-4, doi: 10.23919/EuCAP48036.2020.9135081.
5. T. Singh et al., "Smart Simplification of Anthropomorphic Head Phantom Aimed for Microwave Imaging," 2021 15th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), Dusseldorf, Germany, 2021, pp. 1-4, doi: 10.23919/EuCAP51087.2021.9411262.
6. M. N. Stevanovic, T. Singh, B. Ninkovic and B. Kolundzija, "Microwave Sparse Imaging Applied to Stroke Monitoring," 2021 XXXIVth General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science (URSI GASS), Rome, Italy, 2021, pp. 1-4, doi: 10.23919/URSIGASS51995.2021.9560370.
7. T. Singh, B. Ninkovic, M. Tasic, M. N. Stevanovic and B. Kolundzija, "New Method for Calculation of Average Electric Properties of Reference Head Phantom in Microwave Imaging," 2022 16th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), Madrid, Spain, 2022, pp. 1-5, doi: 10.23919/EuCAP53622.2022.9769058.
8. M. N. Stevanovic, D. Ninkovic, T. Singh, B. Ninkovic, M. S. Tasic, and B. Kolundzija, "Application of Microwave Imaging for Brain Diagnostics," in Proc. 9th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN), Novi Pazar, Serbia, Jun. 2022, pp. AP1.1-1–AP1.1-5.

Поглавља у књигама

1. T. Singh, B. Ninkovic, M. Stevanetic, M. Tasic, M. Nikolic Stevanovic, and B. Kolundzija, "Numerical Modeling of Complex 3D Electromagnetic Scenarios for Medical Microwave Imaging," in Electromagnetic Imaging for a Novel Generation of Medical Devices, F. Vipiana and L. Crocco, Eds. Cham, Switzerland: Springer, 2023, pp. 101–130. doi: 10.1007/978-3-031-28666-7_4.
2. T. Singh, B. Ninkovic, M. Tasic, M. Nikolic Stevanovic, and B. Kolundzija, "Tools and Strategies for 3D EM Modeling and Design of Microwave Imaging Systems for Medical Applications,"in Computational Intelligence and Image Processing in Medical Applications, S. Chen, Ed. Singapore: World Scientific, 2022, ch. 4.4, pp. 297–314, doi: 10.1142/9789811257452_0017.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу анализе научног проблема, примењене методологије и остварених резултата, може се закључити да се докторска дисертација кандидата Тушара Сингха бави значајним и актуелним проблемом електромагнетског моделовања система за микроталасно снимање.

Основни допринос дисертације огледа се у развоју методологије за упрошћавање нумерички захтевних модела састављених од великог броја троуглова, уз контролу геометријске тачности и поузданости нумеричких резултата. Ова методологија је посебно значајна за развој нумеричких фантома погодних за електромагнетску анализу, формираних на основу снимака магнетном резонанцом.

Описани приступ има значајну улогу у развоју система за медицинско микроталасно снимање, јер је контролисана тачност електромагнетског моделовања важан предуслов за поуздано тумачење резултата симулација и њихову примену у развоју ових система. Поред тога, повећање рачунарске ефикасности моделовања доприноси стварању услова за примену алгоритама за медицинско микроталасно снимање у реалном времену.

Дисертација представља научно релевантан допринос области нумеричког електромагнетског моделовања и примене микроталасних система у медицини. Комисија оцењује да докторска дисертација кандидата Тушара Сингха испуњава услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Београду и одговарајућим правилницима Универзитета и Електротехничког факултета, као и да кандидат поседује потребне компетенције за самосталан научноистраживачки рад.

На основу наведеног, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научно већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да докторска дисертација под називом „Контролисано тродимензионално електромагнетско моделовање система за добијање микроталасних слика у медицини", кандидата Тушара Сингха прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Датум
5.10.2026.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Бранко Колунџија, професор емеритус
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Миодраг Тасић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Небојша Дончов, редовни професор
Универзитет у Нишу – Електронски факултет