

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Срђана Бојичића.

Одлуком бр. 945/3 од 23.05.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Срђана Бојичића под насловом

“Унапређење метода за нумеричку симулацију звучног поља у просторијама”

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Срђан Бојичић је пријавио тему за израду докторске дисертације 5.3.2015. године. Комисија за студије трећег степена је на својој седници дана 10.3.2015. године разматрала поднету пријаву теме докторске дисертације и свој предлог о оцени подобности теме и кандидата упутила Наставно-научном већу на усвајање. Наставно-научно веће је на својој седници дана 24.3.2015. године именovalo Комисију за оцену услова и прихватање теме ове докторске дисертације. Кандидат је полагао јавну усмену одбрану теме 22.4.2015. године. Наставно-научно веће на седници одржаној дана 23.6.2015. године усвојило је поднети извештај Комисије. Веће научних области техничких наука својом одлуком број 61206-3019/2-15 од 6.7.2015. године дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације под насловом: “Унапређење метода за нумеричку симулацију звучног поља у просторијама”.

Кандидат је дана 2.5.2019. године предао урађену докторску дисертацију на преглед и оцену. Комисија за студије трећег степена на својој седници одржаној дана 7.5.2019. године потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације. На основу тога Наставно-научно веће Факултета својом одлуком број 945/3 од 23.05.2019. године именovalo је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације у саставу који је наведен на крају овог извештаја.

1.2. Научна област дисертације

Ова докторска дисертација припада области Техничких наука – Електротехника, ужа научна област Техничка акустика. За ментора је одређен др Миомир Мијић, редовни професор. Он је

изабран у звање редовног професора за област Техничке акустике и сви његови публиковани радови који га квалификују за ментора су из те области.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Срђан (Радивоје) Бојичић рођен је 12.11.1974. године у Београду, где је завршио основну школу и Математичку гимназију са Вуковом дипломом. Дипломирао је септембра 2001. године на Електротехничком факултету у Београду, смер телекомуникације. Магистарске студије на Електротехничком факултету у Београду (смер Телекомуникације) завршио је јула 2010. године, након успешно одбрањене магистарске тезе под називом: „Одређивање расподеле средњих дужина слободних путања у просторији коришћењем *ray-tracing* алгоритма“.

Од септембра 2003. године запослен је у Телеком Србија а.д. У току своје каријере у овом предузећу обављао је више одговорних дужности, као што су самостални асистент у мобилној мрежи, самостални инжењер за рејтинг и билинг. Био је руководилац одељења за администрацију и надзор припејд система, шеф службе за *Quality management* подршку и шеф службе за Assurance подршку. Тренутно је шеф службе за *Omnichannel* подршку

Подручје истраживачког рада Срђана Бојичића обухвата, између осталог, акустику просторија, софтверско моделовање звучног поља и обради сигнала. Из наведених области објавио је један рад у часопису са SCI листе, 9 радова на међународним конференцијама и 12 радова на домаћим конференцијама. Добитник је награде за најбољи рад у Секцији за акустику на 58. конференцији ЕТРАН-а 2014. године.

Срђан Бојичић је учествовао и водио низ значајних пројеката у земљи и иностранству из области телекомуникација, међу којима су најзначајнији интеграција *Comverse* конвергентне платформе за тарифирање м:тел корисника (припејд и постпејд) у компанији м:тел Црна Гора (координатор), SLA – Service Level Agreement компаније Телеком Србија (пројект менаџер) и пројекат увођења Мултифункционалних Self Service уређаја у компанији Телеком Србија (заменик руководиоца пројекта).

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Срђана Бојичића је написана на 232 стране. На почетку се налазе насловна страна и кратак резиме на српском и енглеском језику, као и садржај. Сам текст рада састоји се од дванаест поглавља, а на крају се налази преглед коришћене литературе. Поглавља су организована у следећем редоследу: 1 Увод, 2 Историја моделовања звучног поља у просторији, 3 Геометријско моделовање звучног поља у просторији, 4 Метода реј-трејсинг, 5 Модификације алгоритма за реј-трејсинг симулацију, 6 Реализација софтвера на бази предложеног алгоритма, 7 Анализа прираштаја енергије при дифузним рефлексацијама, 8 Анализа временске расподеле средње дужине слободног пута, 9 Анализа расподеле инцидентне енергије у просторији, 10 Анализа расподеле углова инциденције у просторији, 11 Провера тачности алгоритма при израчунавању времена реверберација и на крају 12 Закључак. На самом крају дисертације, као додатак, налази се прилози.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Материја изложена у докторској дисертацији може се логички поделити на два дела. Први, уводни део састоји се од три поглавља у којима је изложена релевантна теорија неопходна за

разумевање приказа самосталног рада кандидата и добијених резултата. То су у тези поглавља 2, 3 и 4. У њима је приказан историјат моделовања звучног поља у просторијама, затим опште карактеристике моделовања звучног поља у просторији геометријском методом и метода реј-трејсинг која се данас најшире примењује за анализу акустичких карактеристика просторија. Други део дисертације садржи приказ самосталног рада кандидата и састоји се од седам поглавља, и то су поглавља 5, 6, 7, 8, 9, 10 и 11. На крају се налази закључак као резиме постигнутих резултата.

У првом од три уводна поглавља рада (поглавље 2) описан је историјат моделовања звучног поља у просторији. Приказани су акустички модели према начину њихове реализације: примитивни физички модели, скалирани физички модели и нумерички модели. Детаљно су побројани и описани начини моделовања у оквиру сваке од ове три основне групе. На крају описа сваке групе дат је упоредни преглед њихових варијанти описаних у литератури са низом упоредних параметара којим се описују њихове предности и недостаци.

У другом од три уводна поглавља (поглавље 3) приказане су геометријске методе моделовања звучног поља у просторији, које су главни представници нумеричких метода моделовања. Приказан је домен важности геометријских метода моделовања, као и примена ових метода у пракси. Описани су основни модели геометријске акустике и детаљно су приказани модели рефлексије. Приказана је једначина акустике просторија у геометријском моделу, модели дифракције и модели извора и пријемника. У наставку поглавља приказане су технике геометријске акустике засноване на путу рефлексије и технике засноване на површинском зрачењу. На крају поглавља је приказан упоредни преглед могућности описаних техника, као и њихове перформансе када је у питању симулација помоћу рачунара.

Најзад, треће од три уводна поглавља (поглавље 4) садржи детаљан приказ методе реј-трејсинг за симулацију импулсног одзива просторије. Приказ обухвата алгоритам реј-трејсинг методе, употреба пријемне сфере, прорачун енергије примарних и секундарних зрака, Ламберов закон, моделовање рефлексија и одређивање импулсног одзива на основу резултата симулације. Приликом описивања начина моделовања рефлексија објашњено је векторско моделовање рефлексија, док је код описивања Ламберовог закона дат приказ и косог Ламберовог закона, као једну његову модификацију. У приказу поступка одређивања импулсног одзива просторије симулацијом помћу реј-трејсинг методе описана су два могућа поступка: само помоћу реј-трејсинга и хибридном методом на основу повезивања резултата добијених методом ликова и реј-трејсинг методом.

Пето поглавље садржи резултате експерименталног истраживања модификације алгоритма за реј-трејсинг симулацију. За потребе истраживања направљен је нумерички модел скетеринг конуса и модела зрачења унутар њега помоћу кога је анализиран импулсни одзив рефлектоване енергије од само једне дифузне површине. Детаљно је приказана и иновација приказана у раду која се односи на начин добијања сигнала импулсног одзива на основу израчунатог енергетског одзива. Прво је спроведено нумеричко тестирање предложеног алгоритма, а затим и експериментално тестирање поређењем резултата симулације импулсног одзива са мерењем у физичком моделу и са резултатима добијеним помоћу једног комерцијалног софтвера који се широко користи у акустичком дизајну просторија. Анализирана су разлике у облику добијених одзива, време реверберације, као и промене у импулсном одзиву када се мења вредност скетеринг коефицијента.

У шестом поглављу приказана је реализација софтвера на бази предложеног алгоритма. На самом почетку поглавља описана су питања која је требало решити при практичној реализацији програмског кода. Затим су описани начини реализације неопходних програмских елемената, као што су пресек зрака и зида и подела површина у моделу просторије на

троуглове. Приказана је и могућност графичке представе симулације коју нуди овај софтвер, чиме је добијена визуелна представа модела просторије, рефлексије зрака и скетеринг конуса. На крају поглавља приказане су статистичке величине које представљају излазне податке из софтвера. У овом поглављу су детаљније објашњене и неке оригиналне статистичке величине уведене у овом раду, као што су кратковременски усредњена слободна дужина пута и енергетски пондерисана кратковременски усредњена слободна дужина пута.

У седмом поглављу приказан је експеримент који је спроведен ради верификације направљеног софтвера у коме је израчунаван прираштај енергије при дифузним рефлексијама. Представљен је опис експеримента у коме је снимљен импулсни одзив на физичком моделу и анализа прираштаја рефлектоване енергије. Затим су приказани резултати симулације истих околности помоћу комерцијалног софтвера за реј-трејсинг и помоћу алгоритма предложеног у овом раду. Детаљно су анализиране разлике у импулсном одзиву, као и вредности реверберационог појачања, у сва три случаја. У дискусији резултата на крају поглавља приказане су разлике и сличности резултата добијених помоћу комерцијалног софтвера и резултата добијених помоћу предложеног алгоритма у односу на експеримент на физичком моделу. Приказани резултати дали су потврду оправданости уведене модификације алгоритма за реј-трејсинг симулацију предложене у раду.

У осмом поглављу приказана је анализа новоуведене статистичке величине, кратковременске расподеле средње дужине слободног пута. На самом почетку поглавља објашњена је мотивација за увођење једне овакве величине која репрезентује карактеристике звучног поља у прелазном режиму док оно не достигне своје стационарно стање. Тада средње дужине слободног пута достиже статистички одређену вредност $4V/S$. Приказана је статистичка расподела дужине слободног пута у случају три карактеристична облика просторије. Такође је израчуната кратковременски усредњена слободна дужина пута за све три просторије за вредности скетеринг коефицијента 0, 0.1, 0.25, 0.35, 0.5, 0.75 и 1. На крају поглавља је дискусија резултата која приказује да разлике у временском облику кратковременски усредњене дужине слободног пута потичу и од облика просторије, али и од величине скетеринг коефицијента. Комерцијални софтвери не поседују приказ ове статистичке величине, чиме је унета додатна вредност реализованог софтвера.

У деветом поглављу приказана је анализа расподеле инцидентне енергије у просторији користећи модификовани алгоритам. Анализа је урађена у три различите просторије чија је комплексност облика еома различита. Комерцијални софтвери не пружају детаљан увид у то шта се дешава на појединим површинама у просторији, и то густина звучне енергије којом су погођене, као и с коликим уделом површине у просторији утичу на одступања различитих параметара од статистичких очекиваних вредности. У експерименту су прорачунате густине енергије на површинама у све три просторије, а затим су површине груписане по неким логичним целинама: под, плафон, бочни зидови, у салама зидови наспрам бине итд. Приказано је одступање од статистички очекиваних вредности густине енергије када су у питању овакве групације површина. Показано је да у салама бочни зидови представљају површине са најмањим уделом у апсорпцији звучне енергије, чиме би и ефикасност хипотетички постављеног апсорпционог материјала на њима била најмања, док средишњи део крова и партер представљају зоне са процентуално највећом површинском густином енергије. Ово објашњава различиту апсорпциону ефикасност истих материјала у зависности од места у просторији на које су постављени.

У десетом поглављу приказана је нумеричка анализа расподеле углова инциденције на унутрашњим зидовима у просторији. Приказана је фреквенцијска зависност изолационе моћи хомогене једноструке преграде за различите углове инциденције. Моделовањем помоћу алгоритма предложеног у тези за два карактеристична облика просторија израчунате су

очекиване расподеле углова инциденције при вредностима скетеринг коефицијента 0.2, 0.5 и 0.8. Ове анализе показују да је у посматраним просторијама за мале вредности овог коефицијента просечан угао инциденције мали на поду и таваници, док је истовремено велики на бочним зидовима. За велике вредности скетеринг коефицијента просечан угао инциденције тежи вредности 45° за све површине. Показано је да разлике у скетеринг коефицијенту доводе и до разлика у расподели броја погодака на површинама који се добијају реј-трејсинг анализом. У дискусији резултата је приказано да промене у расподели углова инциденције утичу на испољену изолациону моћ грађевинских преграда.

На крају другог дела рада, у једанаестом поглављу, приказани су резултати експерименталне анализе времена реверберације у три карактеристичне просторије користећи предложени алгоритам. Резултати су упоређени са вредностима које се добијају помоћу Сабиновог обрасца и симулацијом класичном реј-трејсинг методом. Приказано је да резултати времена реверберације не одступају значајно од вредности добијених познатим методама. Новоуведена методологија омогућује анализу додатних статистичких величина, анализу густине енергије по појединим површинама у просторији, као и расподелу инцидентне енергије на њима, а истовремено не одступа у прорачуну времена реверберације како је оно до сада рачунато у литератури.

На крају рада, у закључку, сумирани су остварени доприноси рада, могућности њихове примене у пракси за симулацију акустичког одзива просторија и одређивање додатних статистичких параметара. Такође су наговештене могућности за будућа истраживања у циљу проучавања изолационих својстава преграда у зависности од њиховог положаја у просторији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Рад на овој докторској дисертацији иницирале су две чињенице. Прва је да постојећи комерцијални софтверски алати за симулацију акустичког одзива просторије не дају статистичке величине које су сврсисходне за описивање одзива у неким специфичним случајевима као што су на пример парцијални модели, израчунавање расподеле густине звучне енергије на појединим површинама у просторији, израчунавање инцидентних углови са којим су те површине погођене и укупан број зрака којима су погођене. Оригиналност рада се огледа у новоуведеним статистичким величинама каква је кратковременски усредњена слободна дужина пута која показује карактер прелазних појава приликом успостављања стационарног звучног стања у просторији. Друга чињеница која одсликава оригиналност рада су експерименти који су извођени са рефлексијом звука од само једне површине, који су показали неслагање са симулацијама у постојећим комерцијалним софтверима. Посебно важан аспект такве анализе је правилна реакција алгоритма на промене величине дифузне површине и промене вредности скетеринг коефицијента. У раду је дефинисан закључак да допринос појединих површина у импулсном одзиву просторије, приликом симулација са комерцијалним софтверима остаје маскиран у целокупном импулсном одзиву просторије. Стога је уведена оригинална модификација реј-трејсинг методе којом је постигнуто боље слагање са експериментом у физичком моделу, када је у питању рефлексија звука од само једне површине. Савременост дисертације се огледа у чињеници да се она бави побољшањима алата за акустички дизајн просторија, што је једна савремена инжењерска област.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током рада на дисертацији кандидат је користио обимну литературу из области која је обрађена. Списак референци дат на крају дисертације садржи 173 наслова. У оквиру тог броја налази се врло широк опсег публикација који укључује књиге, часописе и зборнике са домаћих и међународних конференција. Велики део публикација је новијег датума, мада су укључени и сви најзначајнији историјски, може се рећи референтни наслови да би се употпунила слика о обрађиваној материји. У списку референци налазе се и радови у којима је кандидат аутор или коаутор, а који садрже оригиналне резултате директно произашле из рада на дисертацији.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Област и тема којом се бави дисертација условила је да се она заснива на два основна научна метода: на експерименталном раду у лабораторији и нумеричком моделовању. Експериментални рад је примењен у делу који се бави мерењем импулсног одзива од дифузне површине, чија се величина мења и чији је скетеринг коефицијент фреквенцијски зависан. На тај начин су анализирани прираштаји звучне енергије приликом промене величине дифузне површине. Нумеричко моделовање је примењено кроз примену реј-трејсинг алгорита који се користи за симулацију импулсног одзива просторије.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати који су приказани у овој докторској дисертацији имају примену у два домена. С једне стране, добијени резултати помажу у разумевању утицаја појединих површина у просторији на њен акустички одзив. Тиме је омогућена детаљна анализа парцијалних модела просторије, што је посебно корисно приликом акустичког дизајна или редизајна просторија. Резултати приказани у тези такође омогућавају практично разумевање утицаја скетеринг коефицијента, који је фреквенцијски зависна величина, на акустички одзив просторије, као и на прелазне појаве које настају до успостављања стационарног звучног поља у просторији.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Срђан Бојичић је кроз одабир и систематичан преглед актуелне литературе, кроз самостални експериментални рад на анализи импулсних одзива добијених у физичком моделу, кроз теоријску анализу утицаја величине скетеринг коефицијента на звучне рефлексије, али и кроз друге сегменте свог експерименталног и теоријског рада показао висок степен самосталности у истраживачком раду. Томе треба додати и чињеницу да је највећи део радова на међународним и националним скуповима самостално презентовао.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У овој докторској тези остварени су следећи доприноси који представљају унапређење постојећег знања у области акустике просторија и моделовања звучног поља:

- Уведена је методологија да се помоћу скетеринг конуса обједине методе ликова и реј-трејсинга помоћу косог Ламберовог зрачења на такав начин да задовољава случајеве и малог и великог скетеринг коефицијента. Док метода ликова даје квалитетне резултате за $s \approx 0$, реј-трејсинг метода помоћу косог Ламберовог зрачења не даје резултате блиске измереним у том случају. Обрнут случај је када је $s \approx 1$, тада

метода ликова не даје резултате блиске експерименту, док метода косог Ламберовог зрачења има тенденцију праћења резултата у експерименту.

- Развијен је оригинални аналитички модел за симулацију дифузних рефлексија помоћу скетеринг конуса. Овај резултат омогућава прецизнију симулацију првих рефлексија које са неке површине стижу у пријемну тачку. Због тога нови аналитички модел повећава тачност предикције акустичког одзива просторије у целини.
- Уведен је начин прорачуна дијаграма зрачења унутар скетеринг конуса на основу бројања генерисаних зрака. Уведени начин представља оригинални метод за одређивање дијаграма зрачења унутар скетеринг конуса, помоћу бројања генерисаних зрака, који се може применити и на другачије моделе дијаграма зрачења. Своју тачност је потврдио у случају потпуно дифузне рефлексије, када се као резултат добија Ламберов закон зрачења.
- Уведено је побољшање у начин израчунавања сигнала импулсног одзива на основу израчунатог енергетског одзива. Постојећи модели одређивања импулсног одзива на основу временске расподеле енергије реј-трејсинг методом у комерцијалним софтверима показују извесне мањкавости када је у питању одзив од само једне површине.
- Уведен је нови показатељ стања назван кратковремена средња дужина слободних путања којим се описује утицај макро и микро геометријских карактеристика просторије на процес успостављања звучног поља. Анализа на основу новоуведеног параметра заснована је на претходно развијеном алгоритму за софтверску симулацију звучног поља. Анализа слободних путања обухвата статистичку анализу расподеле путања као и временску промену статистичких параметара и нуди објективне показатеље за квантитативну анализу услова за успостављање дифузног поља.
- Уведена је анализа погодака појединих површина у просторији. Анализа расподеле густине звучних таласа на различитим површинама у просторији на бази развијених алгоритама за синтезу звучног поља омогућује утврђивање расподеле звучне енергије на појединим површинама у просторији, чиме се може утврдити њен акустички значај. Познавање густине звучне енергије која погађа неки преградни елемент који раздваја два простора омогућава прецизнију предикцију изолационих својстава преградних конструкција.
- Предложена је анализа углова под којим зраци погађају поједине површине у просторији као проступ за процену ефикасности апсорпционих материјала коју ће испољити у условима различитих макро и микро геометријских карактеристика просторија. Познавање углова инциденције која погађа неки преградни елемент који раздваја два простора омогућава и прецизнију предикцију његових изолационих својстава.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Набројани научни доприноси значајни су у домену акустике просторија кроз неколико аспеката:

- пружају боље познавање расподеле звучне енергије унутар просторије, што одређеним површинама у просторији даје већи акустички значај у односу на остале;
- омогућавају боље разумевање комплексног утицаја величине скетеринг коефицијента, који је фреквенцијски зависан, на структуру импулсног одзива;
- омогућавају разумевање прелазних појава у звучном пољу у просторији на које највећи утицај има скетеринг коефицијенат зидова просторије.

Несумњив допринос тезе је увођење нумеричке методе моделовања зрачења секундарних извора у реј-трејсингу која је коришћена за симулацију импулсног одзива просторија. То је

веома практична метода која до сада није коришћена у области акустике просторија. Њена основна предност је у чињеници да се базира на коришћењу једноставне методе скетеринг конуса. У тези је показано да су добијени резултати поредљиви са оним који се добијају мерењем у експерименту у физичком моделу, а бољи од резултата добијених комерцијалним софтвером.

Детаљни резултати истраживања верификовани су објављивањем у 12 радова публикованих у часописима, на међународним и националним скуповима.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси докторске дисертације Срђана Бојичића верификовани су у следећим радовима (наведени по М категоријама према Правилнику Министарства просвете и науке Србије):

Категорија M21:

1. **Srđan Bojičić**, Dragana Šumarac Pavlović, Miomir Mijić: *“Formation of Scattering Characteristics for Acoustical Ray Tracing Simulation”*, Archives of Acoustics, Vol 43, No 4, pp. 657–667, 2018, <http://dx.doi.org/10.24425%2Faoa.2018.125159>, (M21)

Категорија M33:

1. **Srđan Bojičić**, Miomir Mijić: „Jedan pristup u modelovanju akustičkog impulsnog odziva prostorije na osnovu ehograma“, XVIII Infoteh, Jahorina 2019, BiH, Proceedings on CD.
2. Dragana Šumarac Pavlović, **Srdjan Bojičić**, Ivana Ristanović, Filip Pantelić, Miodrag Stanojević, *Analysis of energy „Traffic“ in room and its implication on sound insulation and absorption of materials*, Congress of the Alps Adria Acoustics Association, oktobar 2014, Proceedings on CD.
3. Dragana Šumarac Pavlović, Filip Pantelić, **Srđan Bojičić**, Miloš Bjelić: Airborn sound insulation of monolithic partition as a function of incidence angles, Forum Acousticum, septembar 2014, Krakow, Poljska, PACS no. 43.55.Br, 43.55.Cs.
4. **S. Bojičić**, M. Mijić, D. Šumarac Pavlović, *Jedan pristup u računarskom modelovanju akustičkog odziva prostorije metodom rej-trejsing*, INFOTEH-JAHORINA 2010, p. 459 - 463, Jahorina, 2010. Zbornik radova, Vol. 9, Ref. E-I-10, ISBN 99938-624-2-8.
5. M. Mijić, D. Šumarac Pavlović, **S. Bojičić**: *Variation of mean free path length over time and its effect on room impulse response*, Acoustics 08 Paris, jul 2008, Pariz, Francuska.
6. **Srđan Bojičić**, *Određivanje srednjih dužina slobodnih puteva u prostoriji korišćenjem ray tracing algoritma*, 51. ETRAN, jun 2007, Igalo, Zbornik radova, AK1.3.

Категорија M63:

1. **Srđan Bojičić**, Dragana Šumarac Pavlović, Miomir Mijić: „Načini modelovanja signala impulsnog odziva u sobnoj akustici na osnovu računarske simulacije“, 60. ETRAN, jun 2016, Zlatibor, Zbornik radova, AK2.1.
2. **Srđan Bojičić**, Ivana Ristanović, Dragana Šumarac Pavlović: *Novi algoritam za modelovanje difuznih refleksija u rej-trejsing simulaciji*, 58. ETRAN, jun 2014, Vrnjačka Banja, Zbornik radova, AK3.3.
3. Dragana Šumarac Pavlović, Filip Pantelić, **Srđan Bojičić**, Miloš Bjelić: *Raspodela uglova incidencije zvučnih talasa u prostorijama različitih proporcija*, 58. ETRAN, jun 2014, Vrnjačka Banja, Zbornik radova, AK3.4. Rad je dobitnik nagrade: *Najbolji rad na Sekciji za Akustiku ETRAN 2014*.
4. **Srđan Bojičić**, *Analiza akustičkog odziva spregnutih prostorija dobijenog metodom rej-trejsing*, 18. TELFOR, novembar 2010, Beograd, Zbornik radova 1045-1048.
5. Miomir Mijić, Dragana Šumarac-Pavlović, **Srđan Bojičić**, *Vremenska promena srednje dužine slobodnih putanja u prostoriji i njeni efekti na impulsni odziv*, LII Konferencija za ETRAN, Palić, 2008, Zbornik radova AK2.3.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

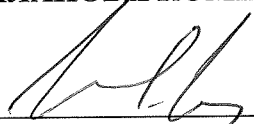
На основу чињеница изложених у овом извештају Комисија је закључила да докторска дисертација Срђана Бојичића под насловом “Унапређење метода за нумеричку симулацију звучног поља у просторијама” испуњава све формалне и суштинске услове предвиђене Законом о виоком образовању и прописима Универзитета у Београду и Електротехничког факултета.

У дисертацији су истраживачки обрађене области моделовања акустичког одзива просторије у условима фреквенцијски зависног скетеринг коефицијента, као и анализа густине звучне енергије и расподела инцидентних углова на појединим површинама у просторији. Резултати истраживања су дали одговоре на постављене хипотезе и пружили нова знања о неколико аспеката нумеричког моделовања звучног поља у просторијама. Најважнији доприноси су модификација реј-трејсинг методе којом се нумеричка симулација приближава експерименталним резултатима у физичком домену, с обзиром да ограниченост скетеринг конуса фреквенцијом звука дефинише зону зрачења секундарног извора у којој се зрак може наћи, резултати анализе густине звучне енергије и расподеле инцидентних углова на појединим површинама у просторији. Допринос тезе је и увођење потпуно нове статистичке величине назване кратовременски усредњена дужина слободне путање за коју је показано да представља добар индикатор прелазних појава у звучном пољу пре успостављања стационарног стања. Најзад, допринос тезе је и у томе што је коришћена оригинална метода за добијање сигнала импулсног одзива на основу израчунатог енергетског одзива, што до сада није примењивано у области акустике просторија.

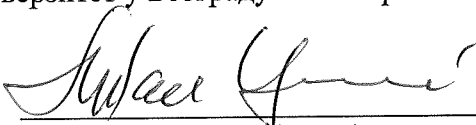
На основу свега изложеног Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета да се докторска дисертација под називом “Унапређење метода за нумеричку симулацију звучног поља у просторијама” кандидата Срђана Бојичића прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 29.05.2019. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


др Миомир Мијић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Драгана Шумарац Павловић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Милан Војновић, научни сарадник
Центар за унапређење животних активности, Београд