

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Драгана Ристића.

Одлуком бр. 5023/07-3 од 07.12.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Драгана Ристића под насловом

“Карактеризација текстуре импулсног одзива просторија применом мултифракталне анализе “

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

Драган Ристић је пријавио тему за израду докторске дисертације 11.09.2014. године. Комисија за студије трећег степена је на својој седници дана 17.09.2014. 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 25.09.2014. године именовало Комисију за оцену услова и прихватање теме ове докторске дисертације. Наставно-научно веће на седници одржаној дана 18.11.2014. године усвојило је поднети извештај Комисије. Веће научних области техничких наука својом одлуком број 61206-5767/2-14 од 22.12.2014. године дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације под насловом: “Карактеризација текстуре импулсног одзива просторија применом мултифракталне анализе “.

Кандидат је дана 18.11.2015. године предао урађену докторску дисертацију на преглед и оцену. Комисија за студије трећег степена на својој седници одржаној дана 25.11.2015. 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 5023/07-3 од 07.12.2015. године именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације у саставу који је наведен на крају овог извештаја.

На основу одлуке Наставно–научног већа бр. 2944/2 од 11.10.2007. године, Студијски програм је започео у пролећном семестру школске 2007/2008, па се рок за завршетак докторских академских студија рачуна од почетка тог семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета. По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак ових студија за још два семестра, сагласно члану 92. став 4 Статута Универзитета у Београду, као и додатно продужење за годину дана, на основу Одлуке бр. 24-06/07-2007/5023 од 4.3.2015. године.

1.2. Научна област дисертације

Ова докторска дисертација припада области Техничких наука – Електротехника, ужа научна област Техничка акустика. За ментора је одређена др Драгана Шумарац Павловић, ванредни професор. Она је изабрана у звање ванредног професора за област Техничке акустике и сви њени публиковани радови који је квалификују за ментора су из те области.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Драган (Миливоје) Ристић рођен је 06.05.1982. године у Приштини, где је завршио основну школу и гимназију. Дипломирао је августа 2005. године на Електротехничком факултету у Београду, на Одсеку за електронику, телекомуникације и аутоматику (смер за телекомуникације). Драган Ристић уписао је докторске студије на Електротехничком факултету у Београду у школској 2007/08. (Студијски програм је започео у пролећном семестру школске 2007/2008) на модулу Телекомуникације, са руководиоцем научно-истраживачког рада проф. др Ирине Рељин. Од 2013. године руководиоца научноистраживачког рада је ванр. проф. др Драгана Шумарац Павловић.

Подручје истраживачког рада Драгана Ристића обухвата: акустику просторија, обраду мултимедијалних сигнала и информациону безбедност. Током дипломских и постдипломских студија Драган Ристић је до данас објавио укупно 18 радова из поменутих области. Добитник је награде за најбољи рад младог истраживача из области Акустике презентован на 57. ЕТРАН конференцији, одржаној јуна 2013. године на Златибору. На докторским студијама Драган Ристић положио је све испите и одрадио обавезе предвиђене студијским програмом.

Од јуна 2006. године запослен је у Предузећу за телекомуникације „Телеком Србија“ а.д. Београд на позицијама инжењера за планирање ИТ безбедности и ИТ/ИСТ аналитичара. Током запослења похађао је бројне обуке и учествовао у различитим пројектима из области заштите и безбедности информација.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Драгана Ристића је написана на 144 стране. На почетку се налазе насловна страна и кратак резиме на српском и енглеском језику, као и садржај. Сам текст рада садржи седам поглавља и преглед коришћене литературе. Поглавља су организована у следећем редоследу: 1. Увод, 2. Импулсни одзив просторије, 3. Фрактална и мултифрактална анализа, 4. База импулсних одзива коришћених у истраживању, 5. Детекција раних рефлексива коришћењем мултифрактала, 6. Квантификовање глобалних карактеристика коришћењем мултифрактала, 7. Закључак. На самом крају дисертације, као додаток, налазе се обавезни прилози: биографија аутора, и неопходне изјаве аутора.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Материја изложена у докторској дисертацији може се логички поделити на два дела. Прву целину чине два поглавља која обухватају теоријска разматрања из области анализе акустичких карактеристика звучног поља у затвореном простору базирана на анализи импулсног одзива као и теорија мултифракталне анализе. Други део дисертације садржи приказ самосталног рада кандидата. Он се састоји од три поглавља у којима је најпре приказана експериментална поставка, затим алгоритми за детекцију раних рефлексива и

карактеризација импулсног одзива базирана на различитим техникама мултифракталне анализе, на основу којих су изведени закључци и резиме постигнутог.

Друго поглавље дисертације даје преглед релевантних теоријских основа о импулсном одзиву просторије и његовим најзначајнијим карактеристикама. Ово поглавље даје генералне описе проблема из акустике просторија који су предмет овог истраживања као и преглед досадашњих метода за решавање ових проблема и њихових резултата.

Треће поглавље садржи увод у фракталну теорију и мултифракталну анализу. Поред кратког осврта на историју фрактала и прегледа основних параметара који се користе за описивање фрактала, у овом поглављу дати су и теоријски описи метода које су коришћене у овој тези за експериментално израчунавање жељених параметара.

Четврто поглавље даје преглед базе импулсних одзива која је формирана за потребе овог истраживања. Базу чине одзиви снимљени у физичким моделима различитих просторија, одзиви из рачунарски симулираних просторија и реални импулсни одзиви. База експерименталних импулсних одзива формирана је тако да су избором геометрије просторија и њихових апсорпционих и дифузних карактеристика покривени различити варијетети, са контролисаном променом појединих параметара, било да се ради о физичким или софтверским моделима. Импулсни одзиви снимљени у реалним просторима представљају контролну групу одзива за проверу домета и употребне вредности предложених метода.

У петом поглављу представљени су остварени резултати на карактеризацији текстуре импулсног одзива помоћу детекције рефлексија. Ово поглавље даје и опис метода заснованог на мултифракталној анализи који се користи за детекцију раних рефлексија. Предложени метод користи расподелу Холдерових експонената за издвајање рефлексија које одговарају сличним структурама у импулсном одзиву, а које су одговорне за настаanak појединих акустичких феномена.

Шесто поглавље описује анализу глобалних својстава импулсног одзива помоћу мултифрактала. Коришћењем MFDFA и LD методе израчунати су мултифрактални спектри из којих су затим издвојени карактеристични параметри спектра. Одабрани параметри анализирани су на различитим импулсним одзивима и на основу експериментално добијених резултата предложени су критеријуми за квантификовање појединих акустичких својстава просторије и њихову класификацију. Приказани резултати акценат стављају на описивању дифузности звучног поља и текстуре импулсног одзива.

На крају, у закључку сумирани су остварени доприноси рада, могућности њихове примене у пракси и наговештене су могућности за будућа истраживања у циљу даљег побољшања метода за описивање карактеристика импулсних одзива просторија.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Тренутно важећи ставови за оцењу акустичких карактеристика простора засновани на избору објективних параметара који су у највећој мери корелисани са субјективним ставовима конвергирали су ка одређеном броју мерљивих објективних параметара. Ови параметри се одређују на основу моноауралних и бинауралних импулсних одзива. Као веома значајни параметри дефинисани су текстура импулсног одзива и зона кохерентних рефлексија. За ове карактеристике није стандардизована методологија за њихово прецизно квантификовање. Процеси простирања у затвореном тродимензионалном простору у фреквенцијском опсегу

аудио фреквенција, не могу се једноставно аналитички моделовати, па је у овој дисертацији искоришћен један оригиналан и савремен приступ заснован на различитим техникама мултифракталне анализе за квалитативну и квантитативну анализу текстуре импулсног одзива. Резултати који су проистекли из дисертације осим што су дали одговоре на постављене хипотезе омогућили су један нов и специфичан увид у карактеристике импулсног одзива које нису биле доступне досадашњим техникама анализе.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током рада на дисертацији кандидат је користио врло обимну литературу из различитих области акустике и нелинеарних техника обраде сигнала које су коришћене у истраживању које је обрађено у дисертацији. Списак референци дат на крају дисертације и садржи 103 наслова. У оквиру тог броја налази се врло широк опсег публикација које се баве теоријским разматрањима феномена везаних за објективно вредновање акустичких карактеристика просторије, перцептивним димензијама акустичких карактеристика просторија, различитим мерним техникама које је кандидат применио у свом експерименталном раду, као и публикацијама које се баве теоријом и применом мултифракталне анализе за описивање различитих процеса. Литература укључује књиге, часописе, зборнике са домаћих и међународних конференција. Велики део публикација је новијег датума, мада су укључени и сви најзначајнији историјски наслови да би се употпунила слика о разматраној 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

У оквиру анализе проблема карактеризације импулсних одзива кандидат је анализирао различите приступе предложене у литератури. Затим је анализирао теоријску заснованост свог оригиналног приступа проблему. За развијање и проверу предложених метода и алгоритама формирао је велику базу импулсних одзива добијених на основу различитих стандардних метода за предикцију звучног поља у затвореном простору на бази експерименталних узорака просторија у којима је извршена предикција звучног поља помоћу софтверске симулације или физичког моделовања. База експерименталних модела просторија формирана је са циљем да се на контролисан начин мењају различити фактори који доминантно утичу на акустичке карактеристике. Своје предложене алгоритме и параметре проверио је на бази реалних снимака начињених у реалним просторијама различитих конфигурација са познатим објективним и субјективним карактеристикама у контексту оствареног акустичког квалитета. Предложену методологију анализе импулсних одзива анализирао је у контексту практичне примене у инжењерској пракси.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати који су приказани у овој докторској дисертацији имају директну примену у области објективног и субјективног вредновања акустичког квалитета простора, односно у инжењерској области акустичког дизајна просторија. Предложене методе за детекцију карактеристичних тачака у импулсном одзиву и карактеризацију глобалне структуре попуњавају место недостајућих објективних квантификатора једне од најважнијих карактеристика импулсних одзива, текстуре. Примена предложених квантификатора пружа нов специфичан увид у степен остварене дифузности звучног поља и може се користити као додатни параметар за предикцију звучног поља пре свега на бази физичког моделовања. Резултати истраживања приказаних у дисертацији могу имати примену у различитим областима психоакустичких истраживања, у успостављању корелације између субјективног доживљаја акустичког квалитета и његових објективних дескриптора.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Драган Ристић је интегрисањем знања из области акустичког дизајна и мултифракталне анализе сигнала и систематичним приступом у формирању експерименталних поставки, развио нов и оригиналан приступ решавању отворених питања из области акустике просторија. Предложени алгоритми и параметри за оцену важних елемената у импулсном одзиву нису били видљиви у оквиру стандардних објективних параметара за описивање импулсних одзива и његових битних елемената. Приступајући једном отвореном проблему из области акустике просторија на једна оригиналан и нов начин дошао је до резултата који пружају нов увид у структуру одзива и нуде једно могуће решење за квалитативно описивање fine структуре одзива.

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:

- Формирана је велика база састављена од импулсних одзива измерених у реалним просторима различитих намена и акустичких карактеристика, софтверски симулираних импулсних одзива у просторијама различитих геометријских односа на микро и макро плану, као и импулсних одзива снимљених у физичким моделима са контролисаним интервенцијама у примени апсорпционих и дифузних елемената.
- Извршена је анализа импулсног одзива са мултифракталног становишта посматрањем сигнала импулсног одзива као сигнала у чијој основи лежи процес бесконачног копирања рефлексија као скупа самосличних структура које се могу анализирати са локалног и глобалног становишта. Ово је за циљ имало сегментацију карактеристичних тачака скривених у импулсном одзиву кроз детекцију кохерентних рефлексија које унесе колорацију при слушању.
- Развијен је алгоритам заснован на издвајању одређеног опсега Холдеровог експонента за детектовање структура у импулсном одзиву које спајају исте или сличне карактеристике. Рефлексије у овом контексту представљају тачке сингуларитета у којима се мења регуларност чиме се дефинише текстура импулсног одзива, не само кроз интензитет или корелисаност са директним звуком већ кроз припадност структурама које су присутне на различитим скалама увећања.
- Извршена је анализа импулсног одзива са глобалног становишта помоћу мултифрактала са циљем карактеризације глобалних карактеристика импулсног одзива. Ово се у првом реду односи на утврђивање степена постигнуте дифузности звучног поља у просторији, а затим и за квантитативно и квалитативно описивање текстуре импулсног одзива и временске границе у одзиву до које се јављају ране рефлексије и након које настаје дифузно поље. Квантификовање ових карактеристика извршено је анализом параметара мултифракталног спектра за импулсне одзиве из одговарајуће базе формиране у току истраживања.
- Предложени су одређени параметри мултифракталног спектра као релевантни за анализу глобалних карактеристика импулсног одзива: ширина спектра (Δh_q), позиција максимума спектра (h_q_0) и симетричност добијеног спектра. Детаљном анализом утврђено је да је временски период од 200ms најзначајнији за описивање текстуре импулсног одзива што је у сагласности са временским периодом који са перцептивног становишта доминантно утиче на субјективни доживљај акустичких карактеристика.
- Утврђено је да се, на основу предложених параметара, може извршити класификација просторија са становишта структуре импулсног одзива на основу које је могуће

проценити домете различитих акустичких интервенција на униформност текстуре импулсног одзива.

- Показано је да се рачунарском симулацијом на бази хибридног модела не може постићи фина структура импулсног одзива карактеристична за реалне просторије
- Анализом предложених параметара за глобално описивање одзива могуће је предвидети степен дифузности поља, односно униформност пристизања звучне енергије за потребе предикције утицаја примењених материјала и конструкција за контролу одзива

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Тестирајући постављене хипотезе да се приступом базираном на анализи фракталних и мултифракталних својстава импулсних одзива просторија може доћи до методологије за квантитативно и квалитативно препознавање важних делова импулсног одзива и целе његове структуре у оквиру дисертације су развијени алгоритми и предложени параметри којима се може извршити класификација просторија према различитим акустичким својствима. Пажљивим избором контролисаних експеримената на физичким и софтверским моделима, као и анализом импулсних одзива измереним у реалним просторима потврђене су постављене хипотезе и развијени алгоритми за детекцију рефлексивности и параметри за карактеризацију текстуре импулсних одзива.

Важан допринос дисертације произишао из резултата анализа које су спроведене у оквиру дисертације односи се на детектовање последица које примене различитих појединачних мера у акустичком дизајну просторија имају на фину структуру, тј. текстуру импулсног одзива. Примењена методологија анализе импулсних одзива омогућила је нови увид у домете одређених мера контроле одзива које се стандардно користе у инжењерској пракси, а које нису биле видљиве применом стандардних процедура за објективно описивање импулсних одзива. Предложене методе могу да послуже и за верификацију квалитета софтверског моделовања звучног поља.

4.3. Верификација научних доприноса

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

Категорија М21:

1. **Драган М. Ристић**, Милан Павловић, Драгана Шумарац Павловић и Ирини Рељин, „*Detection of early reflections using multifractals*“, J. Acoust. Soc. Am. 133, EL235 (2013); ISSN 0001-4966, <http://dx.doi.org/10.1121/1.4793767> IF=1.587

Категорија М24:

2. **Драган М. Ристић**, Милан Павловић, Миомир Мијић, Ирини Рељин, „*Improvement of the Multifractal Method for Detection of Early Reflections*“, Serbian Journal Of Electrical Engineering, Vol. 11, No. 1, February 2014, ISSN 1451-4869, DOI: 10.2298/SJEE131201002R

Категорија М53:

3. М. Павловић и **Д. М. Ристић**, „*Applications of Multifractals in the Analysis of Room Impulse Response - Initial Research*“, Telfor Journal Vol.3 No. 2, 2011, p 116-120, ISSN 1821-3251

Категорија М63:

4. **Драган М. Ристић**, Милан Павловић, Драгана Шумарац Павловић и Ирини Рељин, „*Анализа импулсног одзива просторије применом мултифрактала*“, 58. ЕТРАН, Врњачка Бања, јун 2014. године, Зборник радова, АК3.1, ISBN 978-86-80509-70-9

5. Милан Павловић, Драган М. Ристић, Ирини Рељин и Миомир Мијић, „Детекција рефлексија применом нелинеарне обраде визуализованог импулсног одзива“, 58. ЕТРАН, Врњачка Бања, јун 2014. године, Зборник радова, АК3.2, ISBN 978-86-80509-70-9
6. Драган М. Ристић, Милан Павловић, и Миомир Мијић, „Унапређење метода за детекцију раних рефлексија коришћењем мултифрактала“, 57. ЕТРАН, Златибор, јун 2013. године, Зборник радова, АК 2.1, ISBN 978-86-80509-68-6
7. Драган М. Ристић, Милан Павловић, „Детекција кохерентних рефлексија у почетном делу импулсног одзива применом мултифрактала“, ТЕЛФОР 2011, Зборник радова стр. 1059-1062, ISBN 978-1-4577-1499-3
8. Милан Павловић, Драган М. Ристић, „Примена мултифрактала у анализи импулсног одзива просторија – почетна истраживања“, ТЕЛФОР 2010, Зборник радова стр. 1041, ISBN 978-1-4577-1499-3
9. Драган М. Ристић, Милан Павловић и Ирини Рељин, „Classification of Room Impulse Responses with Self-Organizing Maps“, Proceedings of the 10th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL), Sept. 2010, p 231-234, ISBN 978-1-4244-8821-6
10. Милан Павловић, Драган М. Ристић и Ирини Рељин, „Унапређење поступка сегментације слика у боји применом кохоненових неуралних мрежа“, Зборник радова ИНФОТЕХ-ЈАХОРИНА Vol. 8, Реф. Е-IV-2, р. 641-645, Март 2009, ISBN 99938-624-2-8
11. Драган М. Ристић, Милан Павловић, „Утицај Q-фактора сопствених фреквенција на избор оптималног односа димензија просторије“, ТЕЛФОР 2008, Зборник радова стр. 676-679, ISBN 978-86-7466-337-0
12. Милан Павловић, Драган Ристић, „Детекција кохерентних рефлексија у акустичком импулсном одзиву аутокорељационом методом“, ТЕЛФОР 2008, Зборник радова стр. 657-660, ISBN 978-86-7466-337-0
13. Драган М. Ристић, Милан Павловић, Ирини Рељин, „Image Segmentation Method Based on Self-Organizing Maps and K-Means Algorithm“, Proceedings of the 10th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL), Sept. 2008, p 27-30, ISBN 978-1-4244-2903-5
14. Драган М. Ристић, Милан Павловић, Ирини Рељин, „Метода сегментације слика базирана на издвајању ивица и кластеризацији применом модификованог k-means алгоритма“, ЕТРАН 2008, Зборник радова, ЕК 3.3, ISBN 978-86-7466-337-0
15. Драган М. Ристић, Иван Јосифовић, Владимир Станковић, „Поређење H.264 / AVC и MPEG-4 стандарда за компресију видео сигнала“, 50. Конференција ЕТРАН-а, Београд, 2006. године, Зборник радова. ISBN 86-80509-58-2
16. Владимир Станковић, Драган М. Ристић, Иван Јосифовић, „Употреба BEAM search алгоритма у поступку класификације текстуре“, 50. Конференција ЕТРАН-а, Београд, 2006. године, Зборник радова. ISBN 86-80509-58-2
17. Ристић М. Драган, Јосифовић Иван, „Субјективна процена квалитета кодованог видео“, XIII Телекомуникациони форум ТЕЛФОР 2005, Београд, 2005. године, Зборник радова, ММВ-8.2., ISBN 86-7466-228-5
18. Јосифовић Иван, Ристић М. Драган, „Објективна процена квалитета кодованог видео“, XIII Телекомуникациони форум ТЕЛФОР 2005, Београд, 2005. године, Зборник радова, ММВ-8.2., ISBN 86-7466-228-5

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу чињеница изложених у овом извештају Комисија је закључила да докторска дисертација Драгана Ристића “Карактеризација текстуре импулсног одзива просторија применом мултифракталне анализе“ испуњава све формалне и суштинске услове предвиђене Законом о високом образовању и прописима Универзитета у Београду и Електротехничког факултета.

У дисертацији су истраживачки обрађене области анализе процеса простирања звука у затвореном простору методама фракталне и мултифракталне анализе сигнала импулсног одзива са циљем да се пронађе методологија за карактеризацију текстуре као једног од пет најважнијих параметара за оцену акустичког квалитета простора. Кандидат је у оквиру дисертације развио алгоритме за детекцију раних рефлексија и карактеризацију текстуре која је последица остварене дифузности у звучном пољу. Тиме су понуђени нови алати за анализу измерених одзива који су потврђени анализом реалних простора за које постоји извршена субјектина и објективна оцена квалитета. Реализовањем контролисаних експеримената на физичким и софтверским моделима просторија утврђени су домети и последице примене различитих мера контроле акустичког одзива које нису биле јасно видљиве кроз стандардне објективне параметре за оцену акустичких карактеристика. Тиме је понуђен нови алат важан за предикцију акустичких одзива у процесу пројектовања, као и за оцену квалитета модела за софтверску симулацију звучног поља. Кроз истраживачке поступке демонстриране у дисертацији кандидат је показао способност да успешно примењује методологију научно-истраживачког рада.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета да се докторска дисертација под називом “Карактеризација текстуре импулсног одзива просторија применом мултифракталне анализе “ кандидата Драгана Ристића прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 11.12.2015. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

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

др Драган Кандић, редовни професор
Универзитет у Београду – Машински факултет

др Ирини Рељин, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Јелена Терћић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет