

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Милана Павловића** за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа бр. 5038/16-1 од 26.05.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Милана Павловића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Карактеризација звучног поља у просторијама применом мултифракталне анализе“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Милан (Јован) Павловић рођен је 29.03.1978. године у Зајечару, где је завршио основну школу и гимназију са Вуковом дипломом. Дипломирао је септембра 2004. године на Електротехничком факултету у Београду, на Одсеку за електронику, телекомуникације и аутоматику (смер Телекомуникације). Тема дипломског рада је: „Архитектура хибридне оптичко - коаксијалне мреже у CATV дистрибутивним системима“, ментор проф. др Ирени Рељин.

Од новембра 2004. Године, Милан Павловић је запослен у Високој школи струковних студија за информационе и комуникационе технологије у Београду, Здравка Челара 16, где у звању сарадника у лабораторији учествује у реализацији лабораторијских вежби из више телекомуникационих предмета. Као запослен у Високој школи струковних студија за информационе и комуникационе технологије, Милан Павловић је завршио следеће обуке:

- Програм обуке за инструктора у Микротик академији, координатор Сашо Јордаки, 2014.
MTCNA - MikroTik Certified Network Associate
MTCRE - MikroTik Certified Routing Engineer.
- Програм обуке стручног усавршавања "Тренинг комуникационих вештина и самопоуздања наставника", АБАКУС, 2013.
- Програм обуке стручног усавршавања "Примерна e-learning метода наставе у образовању", АБАКУС, 2012.

- Програм обуке стручног усавршавања "Електронски наставни материјали", АБАКУС, 2012
- Intermediate approved installer, FutureCom Copper Solutions and Fiber Optic Solutions, LAN scape, Corning Cable Systems, Neustadt, 2006.
- Семинар о WiFi and WMAX технологијама, ТЕЛФОР 2006, Београд, новембар 2006;
- Курс Cisca за CCNA сертификат Локалне Cisco Академије.

Објавио је два практикума за предмете из области рачунарских мрежа на Високој школи струковних студија за информационе и комуникационе технологије:

1. **Милан Павловић**, Миланко Краговић, Марија Зајегановић, Практикум из мрежних уређаја, *Висока ИКТ школа*, Београд, 2013. (199 страна) ISBN 978-86-88245-09-8
2. **Милан Павловић**, Миланко Краговић, Марија Зајегановић, Практикум из рачунарских мрежа, *Висока ИКТ школа*, Београд, 2013. (200 страна) ISBN 978-86-88245-10-4

Милан Павловић је уписао докторске студије на Електротехничком факултету у Београду, марта 2008. године (модул Телекомуникације), са руководиоцем научно-истраживачког рада проф. др Ирине Рељин. Подручје истраживачког рада Милана Павловића обухвата, између осталог, сегментација слике, нелинеарне обраде сигнала у једнодимензионом и дводимензионом (1D и 2D) домену, акустика просторија, неуралне мреже, рачунарске мреже.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Од марта 2008. године, Милан Павловић је студент докторских студија на модулу Телекомуникације, Електротехничког факултета у Београду. На докторским студијама Милан Павловић је одрадио све обавезе и положио свих десет одабраних, доле наведених, испита:

Одабрана поглавља из акустике просторија (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
Методе моделовања звучног поља (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
Индексирање и претраживање мултимедијалних садржаја (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
Бежичне информационе мреже (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
Акустички дизајн просторија (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
Линеарне и нелинеарне методе анализе сигнала (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
Комуникологија (6 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
Обрада мултимедијалних сигнала (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
Акустика просторија (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
Обрада слике (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)

Положени испити су усмерени на изучавање мултимедијалних сигнала (слика, звук и видео), и дигиталну обраду ових сигнала, што је у складу са предложеном темом докторске дисертације која је усмерена ка примени нелинеарних метода обраде 2D сигнала на испитивање импулсног одзива просторија.

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. 24-06/11-2007/5053 од 4.3.2015.године.

Милан Павловић је други пут уписао докторске студије школске 2016/2017. године.

У складу са Законом о високом образовању, односно Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета у Београду, Наставно-научно веће Електротехничког факултета је, на предлог Комисије за студије трећег степена, на 813. седници Већа, одржаној 16.05.2017. године, именovalo Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације кандидата Милана Павловића у саставу:

1. др Драгана Шумарац Павловић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
2. др Андреја Самчовић, редовни професор, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет,
3. др Марија Рашајски, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

За менторе су предложени др Ирини Рељин и др Миомир Мијић, редовни професори Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Усмена одбрана теме је одржана на Електротехничком факултету у Београду 23.06.2017. године уз присуство свих чланова комисије. Одбрана је укључила презентацију предмета, циља и значаја предложене теме, уз навођење полазних хипотеза, коришћених научних метода и очекиваних доприноса. Након презентације уследила су питања чланова комисије на које је кандидат успешно одговорио, што је Комисија потврдила оценом „задовољно“.

Списак објављених радова

Током дипломских и постдипломских студија, Милан Павловић је до сада објавио 29 научних и стручних радова. Радови су објављени у:

- научним часописима са SCI листе (1 рад M21, 1 рад M22);
- научним часописима (2 рада M51, 1 рад M53);
- зборницима радова међународних конференција штампани у целини (5 радова M33);
- зборницима радова међународних конференција штампани у изводу (1 рад M34);
- зборницима радова националних конференција штампани у целини (19 радова M63).

Списак објављених научних и стручних радова

I Радови у научним часописима са SCI листе (M21):

1. Dragan M. Ristić, **Milan Pavlović**, Dragana Šumarac Pavlović and Irini Reljin, „Detection of early reflections using multifractals,“ *Journal of the Acoustical Society of America*. 133(4), EL235-EL241, 7 pages (2013); IF=1.55, (5/30), DOI: 10.1121/1.4793767, ISSN: 0001-4966

II Радови у научним часописима са SCI листе (M22):

2. **M. Pavlović**, D. M. Ristić, I. Reljin, and M. Mijić, "Multifractal analysis of visualized room impulse response for detecting early reflections", *Journal of the Acoustical Society of America*. 139(5), EL113-EL117, 5 pages (2016); IF=1.736, (9/31), DOI: 10.1121/1.4947015, ISSN 0001-4966

II Радови у научним часописима (M51):

3. Dragan M. Ristić, **Milan Pavlović**, Miomir Mijić, Irini Reljin, „Improvement of the Multifractal Method for Detection of Early Reflections“, *Serbian Journal Of Electrical Engineering*, Vol. 11, No. 1, pp. 11-24, Technical Faculty Čačak Serbia, February 2014, DOI: 10.2298/SJEE131201002R, ISSN: 1451–4869 (Print Issue), ISSN: 2217–7183 (Online)
4. S. Čabarkapa, G. Zajić, **M. Pavlović**, N. Slavković, N. Reljin, M. Kragović, "System for digitalization of medical images based on DICOM standard", *Serbian Journal Of Electrical Engineering*, vol. 6, No. 3, pp. 409-418, Technical Faculty Čačak Serbia, Decembar 2009. DOI: 10.2298/SJEE0903409C, ISSN: 1451–4869 (Print Issue), ISSN: 2217–7183 (Online), (Award for the best paper presented in Section Electric Circuits and Systems and Signal Processing, at Conference ETRAN 2009, June 15-19, Vrnjačka Banja, Serbia)

III Радови у научним часописима (M53):

5. **M. Pavlović** and D. M. Ristić, „Applications of Multifractals in the Analysis of Room Impulse Response - Initial Research“, *Telfor Journal*, Vol.3 No. 2, 2011, pp. 116-120, ISSN: 1821-3251 (Print Issue), ISSN: 2334-9905 (Online)

IV Зборници радова међународних конференција (M33):

6. N. Kojić, **M. Pavlović**, I. Reljin "Dynamic routing algorithm based on artificial intelligence", *In Proc. of 2nd International conference on information society technology - ICIST 2012*, pp. 188-193, Kopaonik, Serbia, March 2012. ISBN: 978-86-85525-10-0
7. **M. Pavlović**, N. Kojić, M. Zajeganović Ivančić, I. Reljin, "Dynamic routing in wireless Ad Hoc networks", *In Proc. of 1st International Conference on Information Society Technology and Management - ICIST 2011*, 7-8 march 2011. Kopaonik, Serbia. ISBN: 9788685525070
8. Dragan M. Ristić, **Milan Pavlović**, and Irini Reljin, „Classification of Room Impulse Responses with Self-Organizing Maps“, *In Proc. of 10th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL)*, pp. 231-234, Belgrade, Sept. 2010, DOI: 10.1109/NEUREL.2010.5644055, Print ISBN: 978-1-4244-8821-6
9. N. Kojić, G. Zajić, S. Čabarkapa, **M. Pavlović**, V. Radosavljević, B. Reljin, „The Influence of the Feature Vector Contenton the CBIR System Efficiency“, *in Proc. of 9th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services - TELSIKS*, pp. 225-228, Nis, Serbia, October 2009, E-ISBN : 978-1-4244-4383-3, Print ISBN: 978-1-4244-4382-6, DOI: 10.1109/TELSKS.2009.5339419
10. Dragan M. Ristić, **Milan Pavlović**, Irini Reljin, „Image Segmentation Method Based on Self-Organizing Maps and K-Means Algorithm“, *In Proc. of 9th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL)*, pp. 27-30, Sept. 2008, DOI: 10.1109/NEUREL.2008.4685551, Print ISBN: 978-1-4244-2903-5, E ISBN: 978-1-4244-2904-2.

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

11. **M. Pavlović**, D. Ristić, I. Reljin, M. Mijić, "Using nonlinear signal processing in detecting reflections in room impulse response", in *Web Proc. of 6th ICT Innovations 2014*, pp. 313-314, Ohrid, Sept. 2014. ISSN: 1857-7288

VI Зборници радова националних конференција (M63):

12. Dragan M. Ristić, **Milan Pavlović**, Dragana Šumarac Pavlović i Irini Reljin, „Analiza impulsnog odziva prostorije primenom multifraktala“, *Zbornik radova sa 58. konferencije ETRAN*, str. AA3.1.1-5, Vrnjačka Banja, jun 2014. ISBN 978-86-80509-70-9
13. **Milan Pavlović**, Dragan M. Ristić, Irini Reljin i Miomir Mijić, „Detekcija refleksija primenom nelinearne obrade vizualizovanog impulsnog odziva“, *Zbornik radova sa 58. konferencije ETRAN*, str. AK3.2.1-6, Vrnjačka Banja, jun 2014. ISBN 978-86-80509-70-9
14. Dragan M. Ristić, **Milan Pavlović**, i Miomir Mijić, „Unapređenje metoda za detekciju ranih refleksija korišćenjem multifraktala“, *Zbornik radova sa 57. konferencije ETRAN*, AK 2.1.1-6, Zlatibor, jun 2013. ISBN: 978-86-80509-68-6 (Rad je proglašen za najbolji rad mladih istraživača na sekciji AK)
15. **M. Pavlović**, N. Kojić, D. Ristić „Primena multifraktala za detekciju koherentnih refleksija u impulsnom odzivu prostorija“, *Zbornik radova Naučno-stručnog simpozijuma INFOTEH-JAHORINA 2013*, Vol. 12, str. 377-381, mart 2013. ISBN: 978-99955-763-1-8
16. J. Milošević, N. Kojić, **M. Pavlović** „Upravljanje i kontrola udaljenog rutera pomoću SMS-a“, *Zbornik radova 19. konferencije YU INFO 2013*, str. 532-536, Kopaonik, Srbija, mart 2013. ISBN: 978-86-85525-11-7
17. Nenad Kojić, **Milan Pavlović**, Irini Reljin "Jedno rešenje distance-vector protokola za rutiranje baziranog na klasterizaciji mreže", *Zbornik radova Naučno-stručnog simpozijuma INFOTEH-JAHORINA 2012*, Vol. 11, str. 361-366, mart 2012. ISBN: 978-99938-624-8-2
18. Dragan M. Ristić, **Milan Pavlović**, „Detekcija koherentnih refleksija u početnom delu impulsnog odziva primenom multifraktala“, *Zbornik radova 19. Telekomunikacionog foruma TELFOR 2011*, str. 1059-1062, DOI: [10.1109/TELFOR.2011.6143731](https://doi.org/10.1109/TELFOR.2011.6143731), Print ISBN: 978-1-4577-1499-3
19. **Milan Pavlović**, Marija Zajeganović Ivančić, Nenad Kojić, Irini Reljin, "Rutiranje u bežičnim mrežama bazirano na klasterizaciji primenom veštačkih neuralnih mreža", *Zbornik radova Naučno-stručnog simpozijuma INFOTEH-JAHORINA 2011*, Vol. 10, Ref. B-I-10, str. 109-113, mart 2011. ISBN 978-99938-624-6-8
20. N. Kojić, M. Zajeganović Ivančić, **M. Pavlović**, I. Reljin, "Poređenje karakteristika OSPF i EIGRP rutinog protokola", *Zbornik radova 17. konferencije YU INFO 2011*, str. 395-399, Kopaonik, Srbija, mart 2011. ISBN: 978-86-85525-08-7
21. **Milan Pavlović**, Dragan M. Ristić, „Primena multifraktala u analizi impulsnog odziva prostorija – početna istraživanja“, *Zbornik radova 18. Telekomunikacionog foruma TELFOR 2010*, str. 1041-1044, Beograd, novembar 23-25, 2010. ISBN 978-86-7466-392-9
22. S. Čabarkapa, G. Zajić, **M. Pavlović**, N. Slavković, N. Reljin, M. Kragović, „Sistem za digitalizaciju medicinskih snimaka zasnovan na DICOM standardu“, *Zbornik radova 53. konferencije ETRAN*, EK2.9.1-4, Vrnjačka Banja, Jun 15-19, 2009. ISBN 978-86-80509-64-8

23. **Milan Pavlović**, Dragan M. Ristić, Irini Reljin, „Unapređenje postupka segmentacije slika u boji primenom kohonenovih neuralnih mreža“, *Zbornik radova Naučno-stručnog simpozijuma INFOTEH-JAHORINA 2009*, Vol. 8, Ref. E-IV-2, p. 641-645, mart 2009. ISBN 99938-624-2-8
24. N. Slavković, N. Reljin, **M. Pavlović**, N. Kojić, S. Čabarkapa, M. Kragović, "Implementacija WEB orijentisanog servisa za obradu medicinskih snimaka", *Zbornik radova Naučno-stručnog simpozijuma INFOTEH-JAHORINA 2009*, Vol. 8, Ref. E-VI-8, p. 761-764, mart, 2009. ISBN: 99938-624-2-8
25. G. Zajić, N. Reljin, M. Kragović, N. Slavković, S. Čabarkapa, **M. Pavlović**, „Sistem za digitalizaciju, ahiviranje i pretragu medicinskih slika“, *Zbornik radova 15. konferencije YU INFO 09*, Kopaonik, Srbija, mart 2009. ISBN: 978-86-85525-04-9 (<http://www.e-drustvo.org/proceedings/YuInfo2009/html/pdf/135.pdf>)
26. Dragan M. Ristić, **Milan Pavlović**, "Uticaj Q-faktora sopstvenih frekvencija na izbor optimalnog odnosa dimenzija prostorijske", *Zbornik radova 16. Telekomunikacionog foruma TELFOR 2008*, str. 676-679, Beograd, novembar 25-27, 2008, ISBN 978-86-7466-337-0
27. **Milan Pavlović**, Dragan Ristić, "Detekcija koherentnih refleksija u akustičkom impulsnom odzivu autokorelacionom metodom", *Zbornik radova 16. Telekomunikacionog foruma TELFOR 2008*, str. 657-660, Beograd, novembar 25-27, 2008, ISBN 978-86-7466-337-0
28. Dragan Ristić, **Milan Pavlović**, Irini Reljin, "Metoda segmentacije slika bazirana na izdvajanju ivica i klasterizaciji primenom modifikovanog k-means algoritma", *Zbornik radova 52. konferencije ETRAN 2008*. EK 3.3.1-4, ISBN 978-86-80509-63-1
29. K. Kuzmanović, **M. Pavlović**, N. Trajkovski, „Metoda segmentacije slika bazirana na izdvajanju ivica i klasterizaciji“, *Zbornik radova 52. konferencije ETRAN 2006*, Beograd, Jun 6-8, 2006. ISBN 8680509590, 9788680509594
30. **M. Pavlović**, „DWDM i double-hop arhitekture u kablovskim distributivnim sistemima-pregled sistema“, *Zbornik radova 12. Telekomunikacionog foruma TELFOR 2004*, Studentska sekcija S-12-8, Beograd, Nov. 23-25, 2004. (<http://www.telfor.rs/telfor2004/radovi/S-12-8.pdf>)

Три рада у којима је Милан Павловић један од коаутора су до сада цитирани у странијој литератури.

Милан Павловић је учествовао у реализацији 2 научно-истраживачка пројекта:

1. Иновациони пројекат Министарства науке Републике Србије за 2008/2009 годину, “Развој система за дигитализацију медицинских снимака, архивирање у бази података и претраживање базе података“, чији је носилац Иновациони центар Електротехничког факултета у Београду, а реализатори:
 - Електротехнички факултет Универзитета у Београду и
 - Висока школа за информационе и комуникационе технологије у Београду
2. Европски пројекат, **COST Action 292** “Semantic Multimodal Analysis of Digital Media”, 2004-2008, радна група 5, руководиоца пројекта у Србији др Бранимир Рељин, проф.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег искуства кандидата у области обрада сигнала генерално, а посебно обраде слике, стеченог кроз:

- полагање испита на докторским студијама, и
- објављивање радова из области предложене теме докторске дисертације на националном и међународном нивоу,

Комисија је констатовала да кандидат Милан Павловић у потпуности испуњава услове за рад на предложеној теми „Карактеризација звучног поља у просторијама применом мултифракталне анализе“.

2. Предмет и циљ истраживања

Анализа раних рефлексја у импулсном одзиву просторије значајна је тема у акустичком дизајну студијских просторија, концертних и оперских сала. Њихов ефекат може бити појединачан и збирни. Јаке ране рефлексје у просторијама уносе ефекат колорације, јер се кохерентно суперпонирају с директним звуком стварајући ефекат комб филтра, а њихов збирни ефекат манифестује се кроз облик импулсног одзива. Ране рефлексје на специфичан начин утичу на доживљај звука у виду повећања гласности, разумљивости говора, јасноће и доживљаја ширине звучног извора. Методе за детекцију раних рефлексја публиковане до сада у литератури не обезбеђују довољно прецизно одређивање њихове временске позиције у импулсном одзиву. Разлог томе је појава бројних сложених акустичких феномена који настају у околностима комплексне текстуре импулсног одзива.

Предмет овог истраживања је развој методологије за детекцију раних рефлексја у импулсном одзиву просторија на основу описа локалних карактеристика сигнала применом мултифракталне анализе (МА). Циљ истраживања је развој аутоматизованог алгорита за детекцију наглих промена у импулсном одзиву просторије применом трансформације одзива у домен сингуларитета мултифракталне анализе. Анализом сигнала импулсног одзива у домену сингуларитета МА, могуће је обезбедити прецизнији увид у локалну структуру импулсног одзива. Овакав приступ би могао да омогући развој алгорита за детекцију раних рефлексја бољих перформанси од до сада публикованих метода.

Почетни део импулсног одзива (област раних рефлексја) карактерише особина самосличности, па се на овакав сигнал може применити мултифрактална анализа која у својој основи анализира самосличност. У том смислу, процес формирања импулсног одзива може се разумети као процес бесконачног копирања директног звука кроз рефлексје које стижу са кашњењем до пријемника. Сличност рефлексја са директним звуком опада сукцесивним рефлектовањем под утицајем апсорпције и скетеринга, да би у реверберационом делу импулсног одзива у потпуности изгубиле ту сличност. У том процесу почетни део импулсних одзива показује највећи степен сличности са директним звуком јер је у најмањој мери деградиран рефлексјама. У акустици просторија, ране рефлексје представљају „тачке“ у импулсном одзиву где постоје „дефекти“ у структури сигнала. На тим местима, осим нагле промене интензитета сигнала, мења се и његова регуларност.

Значај овог истраживања огледа се у развоју групе алата за обраду 2D приказа сигнала импулсног одзива који ће омогућити аутоматизовану анализу структуре почетног дела импулсног одзива просторије у домену сингуларитета МА. Предмет овог истраживања ће током рада на тези бити усмерен у следећим правцима:

1) Анализа детектовања значајних раних рефлексја у импулсном одзиву коришћењем мултифракталне теорије над једнодимензионалним сигналом. Ова анализа треба да детектовањем рефлексја омогући увид у локалне карактеристике импулсног одзива и њихову корелисаност са акустичким особинама саме просторије.

2) Анализа детектовања значајних раних рефлексја у 2D приказу импулсног одзива просторије коришћењем мултифракталне теорије над дводимензионалним сигналом. Акцент ће бити стављен на представу (слику) импулсног одзива просторије у временско-фреквенцијском домену (спектрограм). Оваква анализа треба да детекцијом локалне релативне промене спектралне густине снаге спектрограма укаже на значајне рефлексје у импулсном одзиву просторије. Такође, оваква анализа ће омогућити приказ расподеле детектованих рефлексја на фреквенцијској оси спектрограма. За разлику од класичних метода за детекцију рефлексја, ова анализа ће моћи да сагледа сигнал у више домена. Поред временске и фреквенцијске зависности, утврдиће и неке додатне карактеристике детектованих рефлексја у импулсном одзиву просторија, попут сагледавања њихове сличности и корелисаности са директним звуком.

3) Процена успешности предложеног алгоритма у детектовању раних рефлексја и његове зависности од типа импулсног одзива просторија који се анализира. У ту сврху, у раду ће бити дефинисани параметри за оцењивање успешности детекције.

Релевантни библиографски извори за предложено истраживање:

- [1] L.Beranek, „Concert and opera halls“, American Institute of Physics, 1996.
- [2] H.Kuttruff, “Room acoustics”, *Spon Press*, London, 2009.
- [3] D. Havelock, S. Kuwano, M. Vorlander, “Handbook of signal processing in acoustics”, Springer Science + Business Media, New York, 2008.
- [4] S. E. Olive and F. E. Toole, “The Detection of Reflections in Typical Rooms,” *J. Audio Eng. Soc.*, vol. 37, pp. 539–553 (1989 July/Aug.).
- [5] J. Pätynen, S. Tervo and T. Lokki. Analysis of concert hall acoustics via visualizations of time-frequency and spatiotemporal responses, *Journal of the Acoustical Society of America*. 133, 842 (2013); <http://dx.doi.org/10.1121/1.4770260>, ISSN: 0001-4966
- [6] M. Barron, “The subjective effects of first reflections in concert halls-The need for lateral reflections,” *Journal of Sound and Vibration*, Volume 15, Issue 4, 22 April 1971, Pages 475–494, [http://dx.doi.org/10.1016/0022-460X\(71\)90406-8](http://dx.doi.org/10.1016/0022-460X(71)90406-8), ISSN: 0022-460X
- [7] A. C. Gade, “Early reflection energy in concert halls: how much, how early, and from where,” *Journal of the Acoustical Society of America*. 109, 2302 (2001); <http://dx.doi.org/10.1121/1.4744078>
- [8] I. Arweiler and J. M. Buchholz, “The influence of spectral characteristics of early reflections on speech intelligibility,” *Journal of the Acoustical Society of America*. 130, 996 (2011); <http://dx.doi.org/10.1121/1.3609258>, ISSN: 0001-4966
- [9] S. Vesa and T. Lokki, “Segmentation and analysis of early reflections from a binaural room impulse response,” *Technical Report TKK-ME-R-1, TKK Reports in Media Technology, Helsinki University of Technology*, 2010.
- [10] T. Halmrast. “Orchestral timbre: comb-filter coloration from reflections,” *Journal of Sound and Vibration*. Vol 232, Issue 1, 20 April 2000, pp. 53–69, <http://dx.doi.org/10.1006/jsvi.1999.2700>
- [11] P. Loughlin and L. Cohen, “Wavelets: A comparison with the spectrogram and other methods for time-frequency analysis,” *Journal of the Acoustical Society of America*. 127 1936 (2010); <http://dx.doi.org/10.1121/1.3384871>, ISSN: 0001-4966

- [12] C. Evertsz, B. Mandelbrot, "Multifractal Measures", Appendix B, in: H. Peitgen, H. Jurgens, P. Andrews (Eds.), *Andrews Chaos and Fractals*, Springer, Amsterdam, 1992.
- [13] I. S. Reljin, B. D. Reljin, Fractal geometry and multifractals in analyzing and processing medical data and images, *Archive of Oncology* 2002, Vol. 10, Issue 4, pp. 283-293; 10(4):283-93. <http://dx.doi.org/10.2298/AOO0204283R>, ISSN 0354-7310, eISSN 1450-9520
- [14] E. Nilsson. "Multifractal-based image analysis with applications in medical imaging," Master's Thesis in Computing Science and Mathematics, Department of Computing Science, Umeå University, 2007. UMNAD 697/07.

3. Полазне хипотезе

Рад на предложеној докторској дисертацији заснива се на следећим хипотезама:

- *Применом мултифракталне анализе у обради сигнала импулсног одзива просторије могуће је издвојити информације везане за локалне сингуларитете у импулсном одзиву које имају одређену временску расподелу.*

Релативна промена интензитета рефлексија и њихове регуларности могу да дефинишу мултифракталну расподелу. МА је већ нашла примену у бројним областима за класификацију и издвајање делова текстура различитих карактеристика. Квантитативни опис мултифракталних својстава импулсног одзива може се вршити на разне начине. Циљ свих ових приступа је проналажење нецелобројног експонента α који описује локалну регуларност сигнала, а који се назива "грубим" Холдеровим експонентом. Узевши у обзир чињеницу да у мултифракталној теорији високе вредности Холдеровог експонента α означавају места у којима сигнал има велику релативну промену, претпоставка је да се, применом мултифракталне анализе на сигнал импулсног одзива високе вредности Холдеровог експонента α , може указати на присуство раних рефлексија. У импулсном одзиву ране рефлексије карактерише релативна велика локална промена сигнала. У том случају у предложеном поступку детекције рефлексија, почетни корак би представљао издвајање високих вредности Холдеровог експонента. Број рефлексије које се детектују на овај начин може да зависи од избора опсега Холдеровог експонента α . Облик самих рефлексија такође може да има утицај на коначан исход детекције. У поступку детекције рефлексија биће примењена мултифрактална анализа методом хистограма.

- *Спектар једнодимензионалног сигнала могуће је разматрати као слику. Применом мултифракталне анализе у обради слике спектрограма импулсног одзива просторија могуће је издвојити информације везане за локалне сингуларитете у импулсном одзиву које имају одређену временску и фреквенцијску расподелу.*

Мултифрактална анализа се може применити како на једнодимензионалне тако и на дводимензионалне сигнале. Импулсни одзив просторија може се представити у 2Д визуализованом облику, најчешће у виду слике спектрограма. Класификовање и издвајање делова слике или текстуре различитих карактеристика су неке од бројних примена мултифракталне анализе над дводимензионалним сигнаlima. Претпоставка је да се посматрањем релативно великих временских промена спектралне густине снаге у ширем фреквенцијском опсегу слике спектрограма могу детектовати временске позиције раних рефлексија. Дводимензионална презентација спектрограма биће

третирана као слика. На њу ће бити примењена мултифрактална анализа методом хистограма, где високе вредности Холдеровог експонента α означавају места у којима пиксели слике имају локалну, велику релативну промену интензитета. Претпоставка је да се, применом мултифракталне анализе на слику спектрограма сигнала импулсног одзива, високе вредности Холдеровог експонента α , могу указати на присуство раних рефлексација које имају одређену временску и фреквенцијску расподелу.

- *Параметри изведени из анализе глобалне регуларности сигнала импулсног одзива просторија могу се користити за описивање импулсног одзива, односно описивање акустичких својстава просторије*

Мултифрактали могу да из мноштва информација које су предмет анализе издвоје поједине карактеристике које другим постојећим начинима за квантификовање нису уочљиве. Параметри добијени из глобалне мултифракталне анализе указују на одређене особине сигнала за које се прорачунавају. Постоји велики број компоненти у звучном пољу који чине комплексну текстуру импулсног одзива и који учествују у креирању субјективног доживљаја звука у просторији. Зато је тешко утврдити све корелације између релевантних објективних и субјективних параметара. Параметри изведени из МА могу да понуде нови начин описивања импулсног одзива и тако побољшају разумевање звучног поља у просторији. Селекцијом одговарајућих параметара израчунатог мултифракталног спектра биће издвојени делови импулсног одзива који указују на област раних рефлексација и област реверберационог дела импулсног одзива.

- *Параметри мултифракталног спектра изведени на основу МА могу се користити у поступку поређења и класификације сигнала импулсног одзива*

На основу прорачуна параметара изведених из мултифракталне анализе, могуће је извршити класификацију импулсних одзива, а тиме и просторија у којима су импулсни одзиви снимљени. Биће предложена класификација просторија која ће с једне стране имати упориште у карактеристикама звучног поља, а с друге стране у облику мултифракталног спектра и изведеним параметрима.

4. Научне методе истраживања

Неколико научних метода биће реализовано за потребе истраживања у овом раду у циљу провере предложених хипотеза и остваривања дефинисаних циљева у научном истраживању:

- аналитичко моделовање импулсних одзива просторија и њихова анализа помоћу мултифракталне теорије у једнодимензионалном и дводимензионалном домену;
- статистичка анализа резултата детекције раних рефлексација у импулсним одзивима просторија;
- статистичка обрада резултата којом би се утврдила успешност развијеног алгорита, проверила поклапања са претпоставкама и ранијим истраживањима;
- прорачун појединачних параметара за детекцију раних рефлексација у импулсном одзиву просторије помоћу мултифракталне анализе биће извршено применом софтверског алата за прорачун расподеле Холдерових експонената као и обрадом израчунатих вредности Холдерових експонената са циљем издвајања оних релевантних вредности које указују на праве рефлексације.

- прорачун појединачних параметара за утврђивање области раних рефлексција у импулсном одзиву просторије помоћу мултифракталне анализе биће извршено применом софтверског алата за прорачун мултифракталног спектра са циљем издвајања оних релевантних параметара мултифракталног спектра које указују на границу раних рефлексција и реверберационог дела у структури импулсног одзива просторија.
- одговарајућа софтверска решења биће реализована коришћењем софтверског пакета познатих у литератури, као и развијених у оквиру истраживања у овом раду.
- експериментална провера да ли класификација импулсних одзива коришћењем мултифракталне теорије има употребну вредност.

5. Очекивани научни допринос

Током израде ове докторске дисертације, постићи ће се научни доприноси у односу на стандардне и до сада познате методе за детекцију рефлексција у импулсном одзиву просторија, које имају недостатке у смислу немогућности детектовања свих правих рефлексција.

Постоје стандардне методе за анализу импулсног одзива просторија и детекцију рефлексција у импулсном одзиву које имају недостатке у смислу немогућности детектовања свих правих рефлексција. Због тога постоји простор за унапређење и додатне алате који би могли да побољшају ефикасност детекције и омогуће боље разумевање саме структуре импулсног одзива просторије. У складу с тим, очекивани су следећи научни доприноси докторске дисертације:

1. Детаљнији увид у локалне карактеристике 1Д импулсног одзива просторија, независно од начина његовог представљања;
2. Детаљнији увид у локалне карактеристике 2Д импулсног одзива просторија, независно од начина његовог представљања;
3. Развој алата за детекцију значајних раних рефлексција у почетном делу импулсног одзива, као додатног алата у оцени акустичких својстава просторија.
4. Обезбеђивање прецизнијег детектовања раних рефлексција у импулсном одзиву, независно да ли је импулсни одзив просторије представљен у једнодимензиономили дводимензионом домену;
5. Ефикаснија аутоматизација поступка детекције раних рефлексција у импулсном одзиву просторије. Такође, реализација ефикасније аутоматизације утврђивања корелисаности детектованих раних рефлексција са кохерентним рефлексјама у импулсном одзиву;
6. Дефинисање методе за поузданије одређивање границе између области раних рефлексција и реверберационог дела импулсног одзива.
7. Дефинисање параметара мултифракталног спектра који се могу користити за описивање акустичких својстава просторије.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање ће бити реализовано у неколико етапа:

- прегледдана коришћених параметара за описивање импулсног одзива просторије и стандардних начина представљања импулсног одзива просторије у једнодимензионалном и дводимензионалном домену;
- преглед поступака за детекцију рефлексија у импулсном одзиву просторије који су до сада описани у литератури;
- преглед начина за опис и квантификовање слике помоћу мултифракталне теорије;
- израда софтвера за анализу/израчунавање неопходних мултифракталних параметара из 1Д и 2Д приказа импулсног одзива просторије који ће бити коришћени за детекцију раних рефлексија;
- анализа расподеле вредности Холдеровог експонента за 1Д и 2Д приказ импулсних одзива из различитих просторија, као и израда алгоритма за аутоматско издвајање релевантних вредности Холдеровог експонента, анализом проблема у једнодимензионалном и дводимензионалном домену;
- анализа резултата детекције рефлексија и њихове расподеле у временском и фреквенцијском домену;
- анализа успешности метода детектовања раних рефлексија и дефинисање услова под којима је могуће поуздано детектовати уметнуте контролне рефлексије у импулсном одзиву;
- анализа прецизности при утврђивању границе између области раних рефлексија и реверберационог дела импулсног одзива.
- испитивање успешности утврђивања границе између области раних рефлексија и реверберационог дела импулсног одзива;
- испитивање корелације између добијених резултата и општих акустичких карактеристика просторије и провера могућности за класификацију просторија према израчунатим параметрима.

Након обављеног истраживања, докторска дисертација кандидата Милана Павловића ће садржати неколико поглавља:

- Основне карактеристике импулсних одзива просторија са освртом на методе анализе тих одзива у 1Д домену,
- Опис мултифракталних спектра и њиховај примена у анализи сингуларитета у сигнаlima,
- Анализа 2Д представе импулсних одзива, као новине у овој области,
- Предлог алгоритма за одређивање раних рефлексија у импулсном одзиву,
- Резултати симулације налажења раних рефлексија у случају просторија различите намене, извршене према предложеном алгоритму.

7. Закључак и предлог

На основу свега изложеног, Комисија је закључила да кандидат Милан Павловић испуњава све формалне и суштинске услове да приступи изради докторске дисертације на предложеној тему „Карактеризација звучног поља у просторијама применом мултифракталне анализе“.

Предложена тема „Карактеризација звучног поља у просторијама применом мултифракталне анализе“ се бави новим приступом у анализи импулсног одзива просторија, а у циљу детекције раних рефлексција које су значајне за субјективни доживљај звука. Предлаже се примена мултифракталне анализе која се у многим применама показала веома успешном са становишта једновремене анализе и квантитативног описивања локалних и глобалних својстава сигнала. За разлику од до сада познатих метода за детекцију раних рефлексција, које не обезбеђују довољно прецизно одређивање временске позиције их рефлексција у импулсном одзиву, почетни резултати истраживања кандидата указују да предложена нова метода омогућава прецизнији увид у локалну структуру импулсног одзива и квалитетну детекцију раних рефлексција. Уједно, предложени метод би омогућио поузданије одређивање границе између области раних рефлексција и реверберационог дела импулсног одзива.

Предложена тема је научно актуелна и значајна у области анализе сложених просторно-временских сигнала.

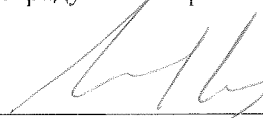
Тема припада ужој научној области Телекомуникације. За ментора докторске дисертације предлажу се др Ирине Рељин, редовни професор Електротехничког факултета, Универзитета у Београду и др Миомир Мијић, редовни професор Електротехничког факултета, Универзитета у Београду.

Београд, 04.07.2017.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



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



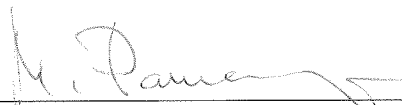
др Миомир Мијић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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



др Андреја Самчовић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет



др Марија Рашајски, ванредни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет