

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 941 од 14.01.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности кандидаткиње Иве Салом за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Анализа акустичких карактеристика звука звона“.

На основу материјала приложеног уз захтев кандидаткиње Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидаткињи

1.1. Биографски подаци

Ива Салом је рођена 1976. године у Београду, где је завршила основну школу и Математичку гимназију. Електротехнички факултет у Београду уписала је 1995. године на смеру Телекомуникације. Дипломирала је 2002. године с просечном оценом 9,02. Дипломски рад, под насловом „Промена висине тона и дужине трајања звука (*pitch shifting* и *time scaling*)“ био је из области дигиталне обраде аудио сигнала.

На Електротехничком факултету у Београду је 2002. године уписала постдипломске студије на смеру Техничка акустика, где је положила све предвиђене испите са средњом оценом 10. Магистарски рад, под насловом „Реализација звучничких скретница применом комплементарних парова дигиталних филтара“ одбранила је маја 2006. године.

Од маја 2002. радила је као спољни сарадник на лабораторијским вежбама из Основа електротехнике на Вишој електротехничкој школи у Београду, где се у септембру исте године запослила као стручни сарадник на смеру за Аудио и видео технологије, на предметима Основи електротехнике, Електроакустика, Основи аудиотехнике, Дигитализација сигнала. Аутор је практикума за предмет Основи електротехнике и скрипти за предмет Дигитализација сигнала. Коаутор је две збирке задатака из Основа електротехнике и једне збирке задака из Акустике. Један је од пројектаната школског мултимедијалног 5.1 студија. У Вишој електротехничкој школи је била запослена до септембра 2004. године.

Током 2003. и 2004. године учествовала је као сарадник у организацији лабораторијских вежби из предмета Електроакустика на Електротехничком факултету у Београду.

Од децембра 2004. године запослена је у Институту Михајло Пупин у Београду, прво као истраживач приправник, а 2006. године је изабрана у истраживачко звање истраживач сарадник. У Институту ради на пројектима из различитих области: пројектовање и развој телекомуникационих уређаја, уређаја за праћење и детекцију акустичких појава, развој и пројектовање дигиталних и аналогних модула коришћењем VLSI компоненти и различитих типова микропроцесора, развој апликативног и телекомуникационог софтвера на програмском језику ANSI C, развој лабораторијских система базираних на виртуелној инструментацији и развој апликативног софтвера у LabVIEW окружењу, реализација симулационог окружења за испитивање акустичких појава у софтверском пакету Comsol, дигитална обрада сигнала и реализације у Matlab окружењу.

До сада је учествовала на пет пројеката Министарства за науку и технолошки развој:

- „Развој нове генерације комуникационих система у функционалним мрежама“ - пројекат ТР-6105Б из програма технолошког развоја, 2005-2007;
- „Развој система за надзор и управљање мултисервисним телекомуникационим мрежама“ – пројекат технолошког развоја ТР11002, 2008-2010;
- „Акустички дизајн простора и звучни садржаји у Српској православној цркви“ - пројекат технолошког развоја ТР23046, 2008-2010.
- „Истраживање и развој робусних система за пренос података и њихова примена у корпоративним мрежама“ - пројекат технолошког развоја ТР32037, 2011-2014;
- „Повећање расположивости и енергетске ефикасности у термоелектранама и системима за пренос електричне енергије развојем нових метода за дијагностику и рану детекцију отказа“ - пројекат технолошког развоја ТР32038, 2011-2014.

У Институту Михајло Пупин радила је на следећим пројектима и студијама:

- Развој и реализација нове генерације уређаја за пренос сигнала телезаштите, пројекат за потребе Електропривреда Србије, 2005-2007. године;
- Развој и реализација акустичког радара SANSIC у сарадњи са фирмом Dirigent Acoustics и Факултетом за стројништво у Љубљани, 2014. година;
- Реализација графенског микрофона, пројекат у сарадњи са фирмом Dirigent Acoustics и Институтом за физику у Београду, 2014. године;
- Системи за континуално праћење температуре и других параметара надземних електроенергетских водова у преносној мрежи ЈП ЕМС за потребе динамичког одређивања дозвољеног струјног оптерећења, студија за потребе ЈП Електромреже Србије, 2014. године;
- Развој методе акустичких мерења на енергетским и мерним трансформаторима, студија за потребе ЈП Електропривреда Србије.

Такође је учествовала у изради неколико стручних пројеката:

- „Акустичко испитивање објекта Новосибирског државног академског театра, опере и балета“, 2002. година, у сарадњи са Лабораторијом за акустику ЕТФ;
- „Алтернативни извори звука“, 2002. година, у сарадњи са фирмом Philips loudspeakers, Веџ;
- „Идејни пројекат музичког студија *Empire*“, 2002. година;
- „Пројекат и реализација мултимедијалног 5.1 школског студија“ у Вишој електротехничкој школи у Београду, 2003/2004. година;

Од 2006. године члан је међународног удружења Audio Engineering Society – AES.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Области у којима се кандидаткиња Ива Салом специјализовала у току свог досадашњег научноистраживачког рада су обрада сигнала и акустика.

Први резултати истраживачког рада у области дигиталне обраде аудио сигнала приказани су у њеном дипломском раду под називом „Промена висине тона и дужине трајања звука (*pitch shifting* и *time scaling*)“, који је радила под менторством професора Миомира Мијића и одбранила 2002. године на Електротехничком факултету у Београду. У раду је приказана реализација SMS (*Spectral Modeling Synthesis*) алгоритма за анализу и синтезу звука базираног на разлагању аудио сигнала на детерминистичку (хармонијску) и недетерминистичку компоненту, и реализација промена параметара звука – висине тона или трајање, применом овог алгоритма.

Свој магистарски рад под називом „Реализација звучничких скрстница применом комплементарних парова дигиталних филтара“ кандидаткиња је радила под менторством

професора др Миомира Мијића, кога је одбранила 2006. године на Електротехичком факултету у Београду. Предмет магистарског рада је испитивање двосистемских звучничких скретница реализованих применом дигиталних филтерских парова који су комплементарни по амплитуди, као и утицај оваквих скретница на субјективни доживљај звука. Значај овако реализованих скретница лежи у остваривању симетричног одзива система у односу на акустичку осу у вертикалној равни у околини пресечне фреквенције. Рад под називом „*The Influence of Impulse Response Length and Transition Bandwidth of Magnitude Complementary Crossovers on Perceived Sound Quality*“ који приказује резултате магистарске тезе објављен је 2007. године у међународном часопису са СЦИ листе (Ива Салом је први аутор).

У току рада у Институту Михајло Пупин кандидаткиња је учествовала у реализацији неколико научно-стручних студија и сложених пројеката, од којих се могу издвојити системи за дијагностику и рану детекцију отказа у електропривреди, као што су уређај за дистантну заштиту и систем за дијагностику енергетских и мерних трансформатора анализом сигнала акустичких емисија, више уређаја намењених заштити информација за потребе војске, као и гониометарски акустички мултисензорски систем.

Кандидаткиња је до данас објавила укупно 54 рада, и то 2 рада у међународним часописима, 3 рада у часописима од националног значаја, 30 радова на домаћим конференцијама и 19 радова на међународним конференцијама. Коаутор је 27 признатих техничких решења. Кандидаткиња је први аутор рада под називом „*Subjective evaluation and an objective measure of a church bell sound quality*“, који је објављен у међународном часопису са импакт фактором, а у коме су приказани резултати из области предложене теме докторске дисертације.

За предложену тему докторске дисертације релевантни су следећи радови:

- у међународним часописима
 1. **Iva M. Salom**, Miomir M. Mijić, Jelena D. Čertić, Dragana S. Šumarac Pavlović, Boris D. Despot “Subjective evaluation and an objective measure of a church bell sound quality” *Applied Acoustics*, Vol. 85, November 2014 (IF 1.1), pp. 97-105, ISSN: 0003-682X, doi:10.1016/j.apacoust.2014.04.012 (M23)
 2. **Iva M. Salom**, Dejan Z. Todorović, Ljiljana D. Milić, “The Influence of Impulse Response Length and Transition Bandwidth of Magnitude Complementary Crossovers on Perceived Sound Quality”, *Journal of the Audio Engineering Society*, November 2007 (IF 0.86), Vol. 56, No. 11, pp. 941-954, ISSN 1549-4950 (M21)
- у националним часописима
 1. **Iva M. Salom**, Vladimir V. Čelebić, Jovanka J. Gajica, Nenad M. Kartalović, Miomir M. Mijić, Vladislav V. Sekulić, Milan I. Radulović, “Laboratory Experimental System for Examination of Acoustic Emission Generated by Partial Discharges”, *Telfor Journal*, Vol. 5, No. 2, pp. 134-139, 2013, ISSN: 1821-3251
- на међународним конференцијама
 1. Stefan Trailović, Lazar Berbakov, Dejan Todorović, Vukašin Ristić, Nikola Nenadić, **Iva Salom**, „Analiza kvaliteta različitih realizacija AAC audio kodeka na ARM procesorskim arhitekturama“, 22. *telekomunikacioni forum TELFOR 2014*, Beograd, Srbija, 25.-27.11.2014., Zbornik radova, Multimedija, 9.7, str. 869-872, ISBN: 978-1-4799-6190-0, IEEE Cat. Num.: CFP1498P-CDR
 2. Milan Milanović, Vladimir Čelebić, **Iva Salom**, Jurij Prezelj, Dejan Todorović, „Projektovanje i realizacija FPGA platforme za akviziciju i obradu akustičkih signala u realnom vremenu“, 22. *telekomunikacioni forum TELFOR 2014*, Beograd, Srbija, 25.-27.11.2014., Zbornik radova, Integrisana kola – Projektovanje i primena, 7.30, str. 741-744, ISBN: 978-1-4799-6190-0, IEEE Cat. Num.: CFP1498P-CDR

3. **Iva Salom**, Vladimir Čelebić, Milan Milanović, Dejan Todorović, Mirjana Radosavljević, Jurij Prezelj, "An FPGA Implementation of Beamforming Algorithm with Digital MEMS Microphones", *6th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH 2014*, Belgrade, Serbia, October 9-10, 2014, Conf. Proc. pp. 528-533, ISBN 978-86-81123-71-3
4. Dejan Todorović, **Iva Salom**, Đorđe Jovanović, Aleksandar Matković, Marijana Milićević, Mirjana Radosavljević, „Graphene Microphone”, *136th International AES Convention*, Berlin, Germany, April 26-29, 2014, Conv. Paper. 9063, ISBN: 978-163266506-5
5. **Iva Salom**, Dejan Todorović, Vladimir Čelebić, Jovanka Gajica, Miomir Mijić, "Analysis of Acoustic Wave Propagation in Laboratory Model of Instrument Transformer", *21. telekomunikacioni forum TELFOR 2013*, Beograd, Srbija, 26.-28.11.2013., Zbornik radova, Multimedija, str. 801-804, ISBN: 978-1-4799-1419-7, IEEE Cat. Num.: CFP1398P-CDR
6. **Iva Salom**, Miomir Mijić, Dejan Todorović, Vladimir Celebić, Jovanka Gajica, "Acoustic Wave propagation in Instrument Transformer - Simulation and Measurement Result Analysis", *2nd International Acoustics and Audio Engineering Conference TAKTONS 2013*, Novi Sad, Srbija, November 13-16, 2013, Conf. Proc. pp. 49-50, ISBN: 978-86-7892-555-9 (COBISS.SR-ID: 281529607)
7. Dejan Todorović, **Iva Salom**, Đorđe Jovanović, Aleksandar Matković, Marijana Milićević, "Prospects of Graphene in Acoustics and Audio-technology", *2nd International Acoustics and Audio Engineering Conference TAKTONS 2013*, Novi Sad, Srbija, November 13-16, 2013, Conf. Proc. pp. 23-28, ISBN: 978-86-7892-555-9 (COBISS.SR-ID: 281529607)
8. **Iva Salom**, Vladimir Čelebić, Jovanka Gajica, Nenad Kartalović, Miomir Mijić, Vladislav Sekulić, Milan Radulović, „Laboratorijski model za dijagnostiku parcijalnih pražnjenja merenjem akustičkih emisija“, *20. telekomunikacioni forum TELFOR 2012*, Beograd, Srbija, 20.-22.11.2012., Zbornik radova, str. 1220-1223, ISBN:978-1-4673-2984-2, IEEE Catalog Number: CFP1298P-CDR
9. **Iva Salom**, Boris Despot, Miomir Mijić, Dragana Šumarac Pavlović, "A measure of a bell sound quality", *Forum Acusticum 2011*, Aalborg, Denmark, 27 June - 1 July 2011, Conf. Proc. pp. 2561-2564, ISBN: 978-84-694-1520-7, ISSN: 221-3767
10. Jelena Čertić, Dragana Šumarac Pavlović, **Iva Salom**, "Nonuniform complementary filter bank for analysis of audio signals", *Forum Acusticum 2011*, Aalborg, Denmark, 27 June - 1 July 2011 Conf. Proc. pp. 2565-2570, ISBN: 978-84-694-1520-7, ISSN: 221-3767
11. **Iva Salom**, Miomir Mijić, Boris Despot, "Aural determination of the strike note of a bell", *39th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering INTER-NOISE 2010*, Lisbon, Portugal, 13-16. June 2010, Conf. Proc., ISBN: 978-161782396-1
12. **Iva Salom**, Dejan Todorović, Ljiljana Milić, "The Influence of Impulse Response Length and Transition Bandwidth of Magnitude Complementary Crossover on Perceived Sound Quality", *120th AES Convention*, Paris, France, May 20-23, 2006, Convention Paper 6824,

- на домаћим конференцијама

1. **Iva Salom**, Miomir Mijić, Dragan Šumarac Pavlović, „Ocena kvaliteta zvuka zvona: analiza rezultata subjektivnog testa poređenja po parovima“, *58. konferencije za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku ETRAN 2014*, Vrnjačka Banja, Srbija, 2. – 5. juna 2014., Zbornik radova, AK.1.4.1-6, ISBN 978-86-80509-70-9
2. Vladimir Čelebić, **Iva Salom**, Jovanka Gajica, Milan Radulović, Vladislav Sekulić „Laboratorijska ispitivanja u eksperimentalnom postrojenju za dijagnostiku akustičkih emisija generisanih parcijalnim pražnjenjima“, *31. Savetovanje CIGRE Srbija*, Zlatibor, Srbija, 26.-30. maj 2013., Zbornik radova, D2-24, ISBN: 978-86-82317-73-9 (COBISS.SR-ID: 202159372)
3. **Iva Salom**, Vladimir Čelebić, Milan Radulović, Vladislav Sekulić, „Jedno rešenje mernog sistema za merenje akustičkih emisija kod mernih transformatora“, *15. Simpozijum CIGRE Srbija – Upravljanje i telekomunikacije u elektroenergetskom sistemu*, Donji Milanovac, Srbija, 14.-16. oktobar 2012., Zbornik radova, D2 06, ISBN: 978-86-82317-71-5

4. **Iva Salom**, Boris Despot, Jelena Čertić, Miomir Mijić, Dragana Šumarac Pavlović, „Subjektivna ocena kvaliteta zvuka zvona“, *55. konferencija ETRAN*, Banja Vrućica - Teslić, Bosna i Hercegovina, 6 - 9.06.2011., Elektronski zbornik radova AK2.2, ISBN 978-86-80509-66-2
5. **Iva Salom**, Miomir Mijić, Dragana Šumarac Pavlović „Vizualizacija modova oscilovanja zvona snimanjem zvuka u bliskom polju“, *18. telekomunikacioni forum TELFOR 2010*, Beograd, Srbija, 23.-25.11.2010., Zbornik radova, Multimedija, str. 1025-1028
6. Jelena Čertić, Dragana Šumarac Pavlović, **Iva Salom**, „Softverski paket za obradu i analizu audio signala“, *18. telekomunikacioni forum TELFOR 2010*, Beograd, Srbija, 23.-25.11.2010., Zbornik radova, Multimedija, str. 1029-1032
7. **Iva Salom**, Boris Despot, Jelena Čertić, Miomir Mijić, Dragana Šumarac Pavlović, „Softverska realizacija i verifikacija algoritma za održavanje udarnog tona zvona“, *54. konferencija ETRAN* Donji Milanovac, Srbija, 7 - 20.06.2010., Elektronski zbornik radova AK3.1
8. **Iva Salom**, Boris Despot, „Određivanje udarnog tona zvona“, *17. telekomunikacioni forum TELFOR 2009*, Beograd, Srbija, 25.-26.11.2009., Zbornik radova, Multimedija, str. 1009-1012, ISBN: 978-86-7466-375-2
9. **Iva Salom**, Miomir Mijić, Vladimir Čelebić, „Modelovanje oscilovanja zvona snimanjem zvuka u bliskom polju“, *17. telekomunikacioni forum TELFOR 2009*, Beograd, Srbija, 25.-26.11.2009., Zbornik radova, Multimedija, str. 1005-1008, ISBN: 978-86-7466-375-2
10. **Iva Salom**, Miomir Mijić, Dragana Šumarac Pavlović, Vladimir Čelebić, „Softverski alat za akustička istraživanja kvaliteta crkvenih zvona“, *Naučno-stručni simpozijum Informacione tehnologije INFOTEH 2009*, Jahorina, Bosna i Hercegovina, 18. – 20. mart 2009., Zbornik radova, Vol.8, referat E-IV 9, str. 676-680, ISBN-99938-624-2-8
11. **Iva Salom**, Dragana Šumarac Pavlović, Miomir Mijić, „Akustička istraživanja kvaliteta zvuka crkvenih zvona“, *16. telekomunikacioni forum TELFOR 2009*, Beograd, Srbija, 25.-27.11.2008., Zbornik radova, Multimedija i video, str. 661-664, ISBN 978-86-7466-337-0
12. **Iva Đukić**, Todorović Dejan, Milić Ljiljana, „Analiza uticaja faznog izobličenja i širine prelazne zone zvučnice skretnice na kvalitet zvuka“, *50. konferencija ETRAN*, Beograd, Srbija, 6-8. jun 2006., Elektronski zbornik radova, tom II, str. 422-425 ISBN: 86-80509-59-0
13. **Iva Đukić**, „Ispitivanje zvučnih skretnica realizovanih pomoću komplementarnih filtera parova“, *49. konferencija ETRAN*, Budva, Srbija i Crna Gora, 5-10. jun 2005., Elektronski zbornik radova, tom II, str. 415-418 ISBN: 978-86-80509-63-1

Кандидаткиња је дана 20.02.2015. године пред комисијом у саставу др Драгана Шумарац Павловић, ванредни професор, др Милан Војновић, научни сарадник и др Вујо Дрндаревић, редовни професор, успешно одбранила предложеној теми за докторску дисертацију.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Комисија је размотрила све претходно наведене резултате досадашњег рада и стечена искуства кандидаткиње Иве Салом. На основу тога Комисија је стекла увид у способности кандидаткиње за научно-истраживачки рад и њене могућности да током израде докторске дисертације оствари резултате који ће бити приказани и оцењени од стране међународне научне заједнице. Став Комисије је да Ива Салом испуњава потребне услове да приступи изради докторске дисертације под наведеном темом.

2. Предмет, циљ и значај истраживања

Звук класичних музичких инструмената настаје радом једнодимензионалних осцилатора (жица, ваздушни стуб). Као последица тога, он се састоји од дискретних спектралних компоненти чије су фреквенције у хармонијском односу. Субјективни доживљај таквог

звука је тон чија је висина одређена фреквенцијом основног хармоника, без обзира да ли је он физички присутан у сигналу или не (случај такозваног „недостајућег фундаментала“). Јединствена звучна слика коју стварају хармонијске компоненте, њихов састав, односи амплитуда и таласни облици обвојница одређује боју звука, то јест квалитет тона музичког инструмента.

За разлику од класичних музичких инструмената, звук звона настаје осциловањем тродимензионалне асиметричне масе. Ударом бата побуђују се њене сопствене осцилације, па је спектар насталог звука такође дискретан. Компоненте у спектру звука звона, такозвани парцијали, одговарају фреквенцијама сопствених фреквенција тела звона. Међутим, енергетски значајни парцијали у звуку звона међусобно нису у хармонијском односу, и то представља њихову основну акустичку карактеристику. Иако би се очекивало да сложена структура таквог звука при слушању ствара сложуену звучну слику у којој се препознаје више различитих звучних компоненти, ипак се субјективно најчешће издваја доживљај једног тона који се назива ударни тон, и он у музичком смислу представља основну карактеристику звука звона. Субјективни доживљај звука звона је сложена психоакустичка тема, јер доживљај висине ударног тона звона у музичком смислу није увек директно корелисан с његовим спектралним садржајем, а изванст утицај има и његова транзијентна природа. Ударни тон, заједно с још једним тоном који се некад може препознати и који се назива секундарни ударни тон, стапа се у јединствену звучну слику.

Предмет истраживања у овом раду је звук звона која се данас користе у Српској православној цркви. Такав приступ је у овом случају повод да се у оквиру тезе детаљније истражују неке универзалне особине сложеност сигнала звука звона и корелација с његовом субјективном перцепцијом. Интересантно је да објективна акустичка анализа квалитета звука звона уз примену савремених метода обраде сигнала није до сада представљала тему значајнијег истраживачког рада.

У акустичкој литератури физички принципи механичког осциловања теоријски дефинисаног тела звона и веза између материјализације таквог звона и његовог зрачења звука у околним простор релативно су детаљно обрађена тема. Међутим, основна одлика реалних звона је несавршеност њихове физичке структуре, као што је одступање од задате геометрије и неуједначеност легуре по запремини. Тиме се отвара питање субјективне и објективне детекције тих несавршености и њихова међусобна веза.

Истраживање у области објективне и субјективне оцено квалитета звука звона подразумева синтезу знања из области обраде сигнала (објективна анализа) и психоакустике (субјективна анализа). У домену објективне анализе потребно је извршити прецизно одређивање и карактеризацију модала осциловања звона. Анализа истакнутих максимума у спектру и анализа транзијентата применом краткотрајне Фуријеове трансформације (STFT – *Short Time Fourier Transform*) често не даје довољно прецизан резултат, нарочито ако звоно одступа од идеалног или има неке друге аномалије у конструкцији. Стога се испитивање модала осциловања звона на основу снимљеног сигнала мора вршити сложенијим методама анализе, као што су *wavelet* трансформација, FZ-ARMA (*Frequency - Zooming Auto-Regressive Moving Average*), моделовања звучног поља у телу звона (геометријско моделовање и примена анализе коначних елемената и мерењима вибрација интерферометром или акцелерометром).

Један од циљева овог рада је развој поступка за визуелизацију спектралних компоненти звука звона методом мерења у блиском пољу. Овај поступак примењен за анализу модала осциловања звона једноставнији је од поступака помињаних у литератури са аспекта процедуре која се спроводи, а посебно са аспекта сложености и цене опреме за такво мерење.

Субјективна анализа звука звона подразумева реализацију квантитативних субјективних тестова у циљу одређивања ударног тона звона, као и квалитативних субјективних тестова у циљу поређења квалитета звука различитих звона. Резултати квантитативних субјективних тестова у форми статистичке расподеле процењене субјективне висине тона

звона и њених статистичких параметара служе за верификацију и адаптацију алгоритма којим се процењује субјективна висина тона на основу објективних карактеристика звука. Остављајући културолошке разлике по страни, резултати квалитативних субјективних тестова треба да дају одговор на два основна питања: 1) да ли једно звоно изазива исти субјективни осећај код различитих слушалаца, и 2) да ли је могуће разврстати групу звона према њиховом субјективном квалитету звука и сваком звону доделити неку општу субјективну оцену. Узимајући резултате субјективног тестирања као основни релевантан показатељ квалитета звона могуће је успоставити корелацију са резултатима објективне анализе.

Позбавање корелације субјективних и објективних карактеристика звона може се користити за оцену квалитета како старих звона која се користе у црквама, тако и као помоћ у звоноливницама, с обзиром да је ливење црквених звона веома деликатан процес у коме долази до различитих физичких аномалија. Реално је претпоставити да се методологија која ће бити развијена у овом раду може применити и за откривање евентуалних пукотина у материјалу звона које настају током експлоатације или након завршетка процеса ливења.

Поред побројаних циљева истраживања квалитативних и квантитативних карактеристика црквених звона, чињеница да ће предмет истраживања бити звона у Србији несумњиво може имати извесан значај из домена културног наслеђа. Прикупљање акустичких информација о звонима има важност у контексту очувања културног наслеђа. У том смислу од извесног значаја ће бити и пратећи резултати рада, као што су генерисање базе снимљених звона Српских православних цркава и карактеризација звона различитих особина и порекла.

РЕЛЕВАНТНИ БИБЛИОГРАФСКИ ИЗВОРИ:

- [1] N.H. Fletcher, T.D. Rossing, Bells, in: *The Physics of Musical Instruments*, second ed., Springer, NewYork, 1998, pp. 675-707.
- [2] T.D. Rossing, Church Bells and Carillon Bells, in: *Science of Percussion Instruments (Series in Popular Science Vol. 3)*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 2008, pp. 128-145.
- [3] T.D. Rossing (editor), *Acoustics of Bells*, Van Nostrand Reinhold, 1984.
- [4] A. Lehr, "The Designing of Swingin Bells and Carillon Bells in the Past and Present," Athanasius Kircher Foundation, Astén, Netherlands 1987.
- [5] Bell Waveform Analysis Program, Version 5.3, Bill Hibbert, Great Bookham, Surrey, Copyright (C) 24 October 2004, Available: <http://www.hibberts.co.uk>
- [6] A. T. Jones, "The Strike Note of Bells," *J.Acoust.Soc.Am.* 1, pp 373-381, 1930
- [7] E. Terhardt, M. Seewann, "Aural and Objective determination of the Strike Note of historical Church Bells", *Acustica*, 54, pp. 129, 1984
- [8] W. A. Hibbert, "The Quantification of Strike Pitch and Pitch Shifts in Church Bells," PhD Thesis, Department of Design, Development, Environment and Materials, Faculty of Mathematics, Computing and Technology, The Open University Milton Keynes, United Kingdom, April 2008
- [9] I. Aldoshina, A. Nicaranov, "The Investigation of Acoustical Characteristics of Russian Bells," Audio Engineering Society, 108th Convention, Paris, Preprint 5117, February 19-22, 2000.
- [10] S.J. Park, Y.J. Kang, S.H. Kim, "Measurement of beat and damping ratio of Korean bell based on wavelet transform," 15th International Congress on Sound and Vibration ICSV15, 6-10 July 2008, Daejeon, Korea

- [11] M. Karjalainen, V. Välimäki, P. A. A. Esquef, "Efficient Modeling and Synthesis of Bell-Like Sounds", Proc. of the 5th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-02), Hamburg, Germany, pp181-186, September 26-28, 2002
- [12] H. Spiess, B. Lau, P. Wriggers, A. Schneider, R. Bader, M. Wiggenghagen, "Analysis of Bell Vibrations," Available: <http://gid.cimne.upc.es/2004/papers/p199.pdf>
- [13] A. Siebert, G. Blankerhorn, K. Schweizerhof, "Investigating the Vibration Behavior and Sound of Church Bells Considering Ornaments and Reliefs Using LS-DYNA," 9th International LS-DYNA Users Conference, pp. 8-1 – 8-12
- [14] Matthew J. Fisher, "Vibration Modes of a C4 Handbell: Holographic Interferometry and Finite Element Analysis," Proceeding of The National Conference On Undergraduate Research (NCUR) 2001, University of Kentucky, Lexington, March 15-17, 2001
- [15] J. Prezelj, P. Lipar, A. Belšak, M. Čudina, "On acoustic very near field measurements," Mechanical Systems and Signal Processing, Volume 40, Issue 1, October 2013, Pages 194–207
- [16] E. Terhardt; M. Seewann. "Auditive und objektive Bestimmung der Schlagtonhöhe von historischen Kirchenglocken," *Acustica* Vol.54, 1984, pp.129-144.
- [17] T. Trifonov, T. Georgieva, "Client/server system for managing an audio and video archive for unique Bulgarian bells," WSEAS Trans. On Information Science an Applications, 2009.

3. Полазне хипотезе

Основне хипотезе предложене ове докторске дисертације су:

- Постоји могућност прецизног одређивања и визуелизације модова осциловања звона мерењем микрофона у блиском пољу.

Визуелизација модова осциловања звона као приступ у анализи присутна је у литератури, а заснивала се на примени сложених и скувих ласерских система којим се детектују амплитуде осциловања њихове површине. Идеја о анализи зрачења површине тела применом микрофона постављених у блиском пољу појавила се у литератури тек недавно. То је омогућено развојем технологије микрофона, јер су данас доступни релативно јефтини минијатурни микрофони чије карактеристике задовољавају потребе акустичких мерења. Тиме су створени услови за израду конструкција с микрофонима које се могу прилагодити сложеним облицима тела звона и помоћу њих добити информације о нивоу вибрација по површини звона.

- Постоји могућност одређивања ударног тона звона на основу објективне анализе снимљеног звука звона, узимајући у обзир психакустичке ефекте.

У литератури је до сад описан само један сложени алгоритам који повезује објективне карактеристике сигнала удара звона и психоакустичке особине људског слуха, као што су ефекат маскирања и доминантни опсег људског слуха. Алгоритам за одређивање субјективне висине тона сложених музичких сигнала развили су Е. Terhardt, G. Stoll и M. Seewann, и применили су га, између осталог, и за одређивање ударног тона звона, показавши да су у великом броју случајева резултати које даје алгоритам у сагласности са резултатима субјективних тестова. С обзиром на напредак технологије у протекле две и по деценије од када је алгоритам развијен, могуће је реализовати алгоритам у програмском пакету *Matlab* са циљем да се испитају и побољшају карактеристике самог алгоритма, нарочито у контексту његове примене на специфичном извору звука, као што је звоно.

- Постоји могућност да се за свако звоно може утврдити општеважећа субјективна оцена квалитета.

Испитивање субјективне оцене квалитета, приказано у литератури, спровођено је за различите врсте репродукције звука, као и за различите изворе звука (музичке инструменте), где су се најчешће издвајали јасно дефинисани ставови о субјективном

доживљају анализираног звука. Стога је интересно применити установљене методе субјективног тестирања на одређеном броју различитих звона и испитати да ли и у којој мери већи број субјеката може постићи консензус око субјективне оцене квалитета звука звона.

- Постоји могућност да се општа оцена квалитета звука звона изрази као једнобројна вредност изведена на основу следећих објективних параметара: фреквенција првих пет модова осциловања (парцијала) и њиховог одступања од фреквенција парцијала идеалног звона; процента енергије садржане у првих пет парцијала звона посматрано у одређеном временском периоду; временске промене енергије садржане у првих пет парцијала; као и да се утврди корелација између субјективне оцене звона и одређених параметара који се добијају објективном анализом звука звона.

У циљу једноставнијег поређења резултата субјективних тестова, најчешће изражених као једнобројне вредности, потребно је одредити алгоритам по коме се из неких објективних карактеристика звука звона (фреквенција, релативни однос амплитуда парцијала, проценат садржане енергије, дистрибуција и промена енергије у току одзвона) може извести оцена квалитета. Ова објективна карактеристика би такође требало да буде једнобројни параметар који на некој скали вредности одсликава квалитет звука звона, и чија вредност има утврђену корелацију са субјективном оценом квалитета.

4. Методе истраживања

Неколико научних метода биће примењено са циљем да се провере наведене полазне хипотезе и остваре задати истраживачки циљеви. То су:

- снимање звука звона на терену и формирање базе снимака довољно великог броја звона различитих физичких и акустичких карактеристика;
- дигитална обрада сигнала за анализу прикупљених снимака и издавање њихових објективних карактеристика;
- коришћење геометријског модела звона применом анализе коначних елемената ради испитивања сопствених модова осциловања звона;
- развој алгоритама за квантитативну оценоу звука звона на основу његових објективних параметара, као што су фреквенције модова осциловања (парцијала), енергија садржана у првих пет парцијала, промена у времену енергије садржане у првих пет парцијала и слично;
- испитивање модова осциловања звона мерењем микрофона у блиском пољу;
- организација субјективних тестова за одређивање разних квалитативних атрибута тона звона који ће укључити метод поређења са генерисаним синусним тоном, као и метод вокалне репродукције;
- статистичка обрада резултата субјективних тестова за одређивање ударног тона звона, као и верификација резултата помоћу алгоритма за процену субјективне висине тона на основу објективних карактеристика звука;
- примена двоструко слепих субјективних тестова за испитивање квалитета звука звона применом методе поређења по паровима и статистичка анализа резултата применом следећих метода: методе средњих оцена, *Thurstone*-овог закона компаративног суда (*Law of Comparative Judgment*) и *Bradley-Terry-Luce* (BTL) модела.

5. Очекивани научни доприноси

Звона представљају специфичне изворе звука и врло су важан део скоро сваке културе. Због њиховог карактеристичног звука, као и чињенице да се звоно користи у посебним околностима, звук звона изазива специфичан аудиторни доживљај. Стога је питање дефиниције звона које пријатно звучи веома старо. У литератури су приказани резултати

покушаја да се на то питање дају одговори на основу карактеристика звона као физичког тела задатог облика, као и поређећи звук различитих звона. На тај начин је утврђено правило да првих пет парцијала у сигналу доминантно утичу на субјективни доживљај звука и одређују ударни тон. Међутим, и поред напретка технологије ливења звона и стварања могућности прецизног подешавања првих пет парцијала, и даље постоје различити ставови о звуку конкретних звона. Технологија данас омогућава једноставно испитивање објективних карактеристика звука звона. Такође савремене методе синтезе омогућавају вештачко генерисање сигнала звука звона и мењање појединих параметара. Све то отвара могућност да се кроз субјективне тестове испитује утицај појединих компоненти сигнала на субјективни доживљај звука звона. И поред тога у литератури не постоје описани такви субјективни тестови, а такође не постоји јединствен став о комплексном утицају фреквенција парцијала звона на субјективно доживљени ударни тон.

У складу са тим, очекивани су следећи научни доприноси докторске дисертације:

- формирање методе за процену ударног тона звона на основу објективних карактеристика сигнала;
- утврђивање да ли постоји генерални консензус о естетском квалитету звука звона међу различитим субјектима;
- процена субјективног доживљаја звука звона на основу објективних карактеристика сигнала, што ће помоћи у карактеризацији старих звона и утврђивању аномалија као што су пукотине и дефекти настали у процесу ливења.

Поред доприноса у утврђивању везе између објективних карактеристика звука и његовог субјективног доживљаја за случај карактеристичног извора звука као што је звоно, ово истраживање би требало да узгредно има и изван национални допринос због формирања јединствене базе података о звонима у Српским православним црквама са прегледом њихових основних података (порекло, година производње, маса, карактеристике звука) и акустичких перформанси.

6. План истраживања

Предложено истраживање обухватаће следеће активности:

- преглед литературе која се бави објективном и субјективном анализом звука звона,
- развој методологије и снимање звука довољно великог броја црквених звона у Српским православним црквама и формирање базе сигнала,
- развој софтверског алата за анализу звука звона у временском и фреквенцијском домену,
- испитивање модела осциловања звона применом методе коначних елемената,
- анализа модела осциловања звона применом методе мерења у блиском пољу,
- субјективно тестирање у циљу одређивања ударног тона звона и софтверска реализација алгорита за процену висине тона на основу објективних параметара,
- субјективно тестирање методом поређења по паровима у циљу испитивања могућности формирања опште оцене квалитета звука звона,
- испитивање корелације између субјективних оцена квалитета и објективних параметара звука звона.

7. Закључак и предлог

Након увида у наведене резултате досадашњег рада кандидаткиње Иве Салом, Комисија је донела одлуку да је она способна за научно-истраживачки рад и за реализацију предвиђених истраживања. Одлука је донета имајући у виду њене досадашње стручне резултате остварене током основних и магистарских студија, као и на основу њеног досадашњег истраживачког ангажовања на више пројеката.

Такође, Комисија је мишљења да је предложена тема докторске дисертације „Анализа акустичких карактеристика звука звона“ подобна у смислу наведених непосредних циљева рада, очекиваних резултата и научних доприноса, као и у контексту савремених научних истраживања у предложеној области. Комисија констатује да тема рада припада области Техничке акустике за коју је Електротехнички факултет у Београду матичан и за ментора рада се предлаже др Миомир Мијић, редовни професор, који је запослен на Електротехничком факултету у Београду. Из тог разлога уз овај Извештај је приложен и списак радова проф. др Миомира Мијића који га квалификују за ментора.

Имајући у виду чињенице наведене у овом извештају, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да прихвати тему докторске дисертације „Анализа акустичких карактеристика звука звона“ и да кандидаткињи Иви Салом омогући да приступи њеној изradi.

У Београду, 22.02.2015.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:



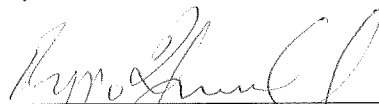
др Миомир Мијић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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



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



др Вујко Дрндаревић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет