

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Na 755. sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu održanoj 6.11.2012. godine, određeni smo za članove Komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije mr Miška Subotića, dipl. inž. elektrotehnike, pod naslovom **“Uticaj akustičkog i biološkog šuma na kvalitet merenja signala otoakustičke emisije”**. Nakon pregleda urađene doktorske disertacije, Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta podnosimo sledeći

I Z V E Š T A J

1. UVOD

Naslov i obim disertacije

Doktorska disertacija mr Miška Subotića, dipl. inž. elektrotehnike, pod naslovom **“Uticaj akustičkog i biološkog šuma na kvalitet merenja signala otoakustičke emisije”**, je napisana na 157 strana i sastoji se od 8 poglavlja, 68 slika, 11 tabela i 315 bibliografskih referenci.

Hronologija odobravanja i izrade disertacije

Na sednici Komisije za treći stepen studija Elektrotehničkog fakulteta održanoj 26.6.2012. godine konstatovano je da je Miško Subotić prijavio doktorsku disertaciju pod naslovom **“Uticaj akustičkog i biološkog šuma na kvalitet merenja signala otoakustičke emisije”**, i u skladu sa Pravilnikom o doktorskim studijama Elektrotehničkog fakulteta, Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta je predložena Komisija za ocenu uslova i prihvatanje teme u sastavu: dr Slobodan Jovičić, red. prof. (Elektrotehnički fakultet u Beogradu), dr Miomir Mijić, vanr. prof. (Elektrotehnički fakultet u Beogradu) i dr Zoran Šarić, viši naučni saradnik (Centar za unapređenje životnih aktivnosti u Beogradu). Za mentora disertacije predložen je dr Slobodan Jovičić, red. prof.

Na 751. sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta, održanoj 03.07.2012. godine, prihvaćen je predlog Komisije za treći stepen studija, kao i predloženi mentor.

Na osnovu izveštaja Komisije za ocenu uslova i prihvatanje teme i prateće dokumentacije doktorske disertacije **“Uticaj akustičkog i biološkog šuma na kvalitet merenja signala otoakustičke emisije”** predložena tema je usvojena na 752. sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta, održanoj 4.9.2012. godine, a 17.9.2012. godine od strane Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu.

Na sednici Komisije za treći stepen studija održanoj 1.11. 2012. godine konstatovano je da je kandidat mr Miško Subotić, dipl. inž. elektrotehnike, predao urađenu doktorsku disertaciju, pa je na osnovu uvida u disertaciju i prateće dokumente, a u skladu sa Pravilnikom o doktorskim studijama Elektrotehničkog fakulteta, Komisija za treći stepen studija potvrdila ispunjenost potrebnih uslova za podnošenje predloga Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta za formiranje Komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije. Komisija za treći stepen studija je predložila Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta Komisiju za pregled i ocenu doktorske disertacije u sastavu: dr Slobodan Jovičić, red. prof. (Elektrotehnički fakultet u Beogradu), dr Miomir Mijić, vanr. prof. (Elektrotehnički fakultet u Beogradu) i dr Zoran Šarić, viši naučni saradnik (Centar za unapređenje životnih

aktivnosti u Beogradu). Na 755. sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta, održanoj 6.11.2012. godine, prihvaćen je predlog Komisije za treći stepen studija a Komisija za pregled i ocenu doktorske disertacije je proširena sa dr Jovanom Radunović, red. prof. (Elektrotehnički fakultet u Beogradu) i dr Draganom Šumarac Pavlović, doc. (Elektrotehnički fakultet u Beogradu).

Mesto doktorske disertacije u odgovarajućoj naučnoj oblasti

Doktorska disertacija pod naslovom **“Uticaj akustičkog i biološkog šuma na kvalitet merenja signala otoakustičke emisije”** pripada naučnoj oblasti Tehnička akustika, a u užem domenu naučno je aktuelna u oblasti statistička detekcija signala u šumu, obrada akustičkog signala, merenja otoakustičke emisije i audiologija.

Biografski podaci o kandidatu

Miško Subotić je rođen 30.04.1963 godine u Beogradu. Po završetku osnovne škole upisuje se u matematičku gimnaziju “Veljko Vlahović” a potom 1981. godine upisuje Elektrotehnički fakultet u Beogradu. Elektrotehnički fakultet završava 1987. godine sa srednjom ocenom 8.03 i odbranjenim diplomskim radom na smeru za Tehničku fiziku sa ocenom 10, stekavši zvanje "diplomirani inženjer elektrotehnike". Iste godine upisuje se na poslediplomske studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu odsek "Optoelektronika", koje završava 1992. godine sa srednjom ocenom 10 i temom magistarskog rada "Istraživanje uslova za laserski stimulirano dopiranje Ga-AS", mentor prof. Jovan Radunović. 1993. godine stiče zvanje istraživač saradnik.

Zapošljava se 1988. godine u Institutu za fiziku u Zemunu, gde je radio do 1993. Od 1993. godine radi u Institutu za eksperimentalnu fonetiku i patologiju govora a od 2007. do danas zaposlen je u Centru za unapređenje životnih aktivnosti, kao direktor Centra.

Član je sledećih udruženja:

- Počasni član P.A.L.O. najveće grčke organizacije za brigu o deci sa poremećajima verbalne komunikacije.
- Član Međunarodnog komiteta za fonetiku slovenskih jezika.

Učestvovao je na sledećim projektima osnovnih istraživanja i tehnološkog razvoja koji su finansirani od strane našeg Ministarstva za nauku:

- 1995-2000. godine: *Psiholingvistička istraživanja* (05T24), rukovodilac projekta prof. dr Svenka Savić.
- 2002-2005. godine: *Multidisciplinarna istraživanja resursa srpskog jezika sa aplikacijama u lingvistici, defektologiji i komunikacijama* (OI1784), rukovodilac projekta prof. dr Slobodan Jovičić.
- 2002-2004. godine: *Istraživanje otoakustičke emisije i razvoj sistema za ranu detekciju oštećenja sluha* (IT0239), rukovodilac projekta prof. dr Slobodan Jovičić.
- 2005-2007. godine: *Sistem za objektivnu procenu kvaliteta artikulacije i njegova primena u korekciji patološkog izgovora* (006134), rukovodilac projekta prof. dr Slobodan Jovičić.
- 2008 -2010. godine: *E - medicine sistem za procenu kvaliteta sluha* (13011), rukovodilac projekta prof. dr Slobodan Jovičić.
- 2006-2010. godine: *Interdisciplinarna istraživanja govorno jezičkih resursa srpskog jezika* (148028G), rukovodilac projekta prof. dr Slobodan Jovičić.
- 2011-2014. godine: *E-logoped* (TR32032), rukovodilac projekta dr Zoran Šarić.

U ovom periodu objavio je preko 100 radova, učestvovao na više projekata i realizovao nekoliko tehničkih rešenja, od kojih su neka patentirana.

2. OPIS DISERTACIJE

Struktura i sadržaj disertacije

Doktorska disertacija pod naslovom “**Uticaj akustičkog i biološkog šuma na kvalitet merenja signala otoakustičke emisije**” pored sadržaja i literature ima osam poglavlja i to: 1. Uvod, 2. Metode merenja OAE, 3. Jedno rešenje merenja TEOAE i DPOAE, 4. Sadržaj istraživanja, 5. Istraživanje bioloških šumova i njihovog uticaja na OAE, 6. Potiskivanje šuma u signalu OAE, 7. Eksperimentalni rezultati, i 8. Zaključak.

Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

Uvod započinje definicijom otoakustičke emisije (OAE) i isticanjem njenog značaja za neinvazivno posmatranje funkcionisanja kohlee (unutrašnjeg uva), te sledstveno tome i značaja u kliničkoj dijagnostici i terapiji. Ove činjenice su potkrepljene i podatkom da svega oko 2% slušnih oštećenja otpada na retrokohlearna slušna oštećenja. U prvom delu Uvoda opisani su priroda OAE, njene fiziološke osnove nastajanja na bazi mikromehaničkih aktivnosti bazilarne membrane kao i mehanizmi nastajanja povratnih akustičkih talasa, nakon akustičke stimulacije, od Kortijevog organa do ušnog kanala. U drugom delu Uvoda opisane su vrste OAE: spontana (SOAE), tranzijentna (TEOAE), tonski izazvana (SFOAE) i otoakustička emisija koja je proizvod distorzija (DPOAE).

Drugo poglavlje je posvećeno prikazu metoda merenja signala OAE. Pošto je signal OAE veoma niskog intenziteta, daleko ispod nivoa šuma u ušnom kanalu, njegovo merenje podrazumeva primenu mnogih algoritama obrade signala i statističke detekcije signala u šumu. Detaljnije su opisani algoritmi detekcije otoakustičke emisije tipa TEOAE jer se i suština disertacija odnosi na ovaj tip OAE. Na kraju poglavlja prikazano je jedno rešenje uređaja za merenje OAE koji u sebi objedinjuje funkcije aparata koji treba da omogući kliničku primenu, skrinig sluha i naučnoistraživački rad. Uređaj (*COCHLEA*) je razvijen u okviru tehnološkog projekta Ministarstva za nauku republike Srbije (Tehnološki projekat br. IT108.0239.B/2, П5208/03), a predstavlja prvi korak i osnovu istraživačkog rada u okviru ove disertacije.

Treće poglavlje detaljno specificira sadržaj disertacije. Data je formulacija problema, navedeni su ciljevi istraživanja i specificirana je metodologija istraživanja. Ovom disertacijom analiziran je problem maskiranja signala otoakustičke emisije šumom koji se generiše u ušnom kanalu (fiziološki šum), u kome se smešta sonda za snimanje signala OAE, i mogućnost njegovog potiskivanja u cilju poboljšanja odnosa signal-šum i dobijanja kvalitetnijeg signala OAE, što u krajnjem slučaju treba da obezbedi pouzdaniju procenu kvaliteta sluha. U tom cilju je detaljno razrađena metodologija istraživanja.

Četvrto poglavlje je posvećeno analizi akustičkih šumova i njihovog uticaja na OAE na bazi šireg pregleda informacija iz literature. Analizirani su spoljašnji maskirajući šumovi, šumovi merne opreme i ambijentalni akustički šumovi koji dopiru u unutrašnjost ušnog kanala u uslovima kada je on zatvoren mernom sondom, i biološki šumovi koji dopiru do mikrofona sonde kroz tkiva zidova ušnog kanala. Poseban akcenat je dat na biološke šumove tipa: šum

otkucaja srca, šum nastao usled protoka krvi, šumovi nastali usled disanja, i ostali fiziološki šumovi (pokreti tela, gutanje, žvakanje, hrkanje, itd.).

U petom poglavlju razmatraju se postupci za potiskivanje šumova u signalu OAE. U prvom delu poglavlja obuhvaćeni su klinički uslovi primene sistema za merenje OAE, kao što su spoljašnja buka, aktivnost pacijenta i zaptivanje ušnog kanala pri postavljanju sonde, koji direktno utiču na nivo šuma u mikrofону sonde koji maskira signal OAE. Zatim su analizirani inženjerski pristupi u obradi signala OAE sa aspekta algoritamskih rešenja. Ukazano je da se za smanjenje uticaja šuma te pouzdano i brzo dobijanje rezultata merenja OAE standardno koriste postupci za usrednjavanje signala, odbacivanje artefakata, optimalno filtriranje, podešavanje vremenskog prozora i vremensko-frekvencijska analiza. Drugi deo poglavlja prikazuje adaptivne i višekanalne algoritme u obradi signala OAE. Pažnja je skoncentrisana na klasu ANC (*Adaptive Noise Canceling*) algoritama gde je najpoznatiji dvokanalni LMS (*Least Mean-Square*) algoritam. Navedeno je više njegovih varijanti od kojih su najpoznatije normalizovani NLMS algoritam i LMS algoritam sa promenljivim korakom adaptacije. Na kraju poglavlja je prikazan jedan od retkih pokušaja primene ovih algoritama na potiskivanje eksternih i internih šumova u signalu OAE.

U šestom poglavlju prikazani su sopstveni rezultati eksperimentalnih istraživanja bioloških šumova u oba uva ispitanika sa izraženom TEOAE. Analizirani su biološki šumovi u ušnim kanalima nastali usled protoka krvi i usled disanja. Napravljena je baza snimaka bioloških šumova pod različitim eksperimentalnim uslovima ("ne diše", "diše na nos", "diše na usta", "duboko diše na nos", "duboko diše na usta", "guta", "diše na nos i pomera glavu levo-desno") koja je služila kako za analizu bioloških šumova, tako i za testiranje i validaciju novog algoritma razvijenog u ovoj disertaciji. Analiza šuma nastalog usled protoka krvi u levom i desnom ušnom kanalu pokazala je visok stepen korelacije (0,78) ali i da je najveći deo energije ovog šuma skoncentrisan u oblasti niskih frekvencija (ispod 50 Hz). Analiza šumova usled disanja je pokazala da se ovi šumovi nalaze u opsegu frekvencija do 3000Hz i da su srednjeg intenziteta oko 55dBA, odnosno da su oko 20dB iznad svih ostalih bioloških šumova, te da imaju najveći uticaj na maskiranje signala OAE. Pošto su biološki šumovi veoma nestacionarni kroskorelaciona analiza ovih signala je pokazala da postoji značajna koherenca od 0,5 do 0,9, što je veoma povoljna činjenica za realizaciju dvokanalnog sistema za potiskivanje šuma u signalu OAE.

Sedmo poglavlje prikazuje jedan novi pristup u potiskivanju biološkog šuma kod impulsno izazvane OAE (TEOAE), zasnovan na dvokanalnom sistemu koji za referentni šum koristi signal iz mikrofona sonde postavljene u kontralateralno uvo. Zahvaljujući izraženoj korelaciji bioloških šumova u oba uva moguće je biološki šum iz jednog uva iskoristiti za potiskivanje biološkog šuma u drugom uvu, tamo gde se meri OAE. Ova činjenica je bila osnov za razvoj novog adaptivnog algoritma za potiskivanje biološkog šuma u signalu OAE. Algoritam se bazira na primeni adaptivnog filtra uz čitav niz drugih postupaka u obradi signala koji su prilagođeni specifičnim karakteristikama signala otoakustičke emisije, kao što su: TEOAE detekcija zasnovana na postupku *nelinearno-diferencijalnog usrednjavanja* (DNLR – *Derived Non Linear Response*), adaptivno ponderisanje prilagođeno karakteristikama inspirijuma i ekspirijuma kod disanja, adaptivno filtriranje na bazi „*sign error*“ LMS algoritma, potiskivanje rezidualnih šumova. Celo rešenje je integrisano u postojeći uređaj COCHLEA i testirano na snimljenoj bazi bioloških šumova. Demonstrirano je poboljšanje u odnosu S/N (u frekvencijskim opsezima gde postoji korelacija bioloških šumova primarnog i referentnog signala), poboljšanje Reproductivnosti za preko 20%, skraćenje trajanja merenja

od 10 do 30%, kao i činjenica da primenjeni postupak za potiskivanje biološkog šuma ne dovodi do detekcije nepostojećih TEOAE.

U zaključku su navedeni glavni doprinosi disertacije i analizirane su mogućnosti primene.

3. OCENA DISERTACIJE

Savremenost, originalnost i značaj

Problematika disertacije se odnosi na izuzetno aktuelnu oblast audiologije. Činjenica da je tehnika merenja otoakustičke emisije otkrivena pre par decenija, da je merenje kvaliteta sluha pomoću otoakustičke emisije izvodljivo na novorođenčadi, da postoje komercijalno raspoloživi uređaji za kliničku primenu, da postoje međunarodno standardizovani skrining testovi u primeni OAE i da su u naučnim krugovima istraživanja OAE i dalje veoma aktuelna, ukazuju na savremenost oblasti i tehnike merenja OAE. Značaj disertacije ogleda se u tome da predložena rešenja u detekciji signala OAE omogućavaju unapredjenje mernih postupaka u formiranju neinvazivnog i objektivnog uvida u funkcionisanje kohlee, odnosno da omogućavaju poboljšanje odnosa signal/šum, povećanje reproduktivnost i smanjenje trajanja merenja, u odnosu na sva do sada poznata rešenja. Originalnost disertacije proističe iz činjenica da prema dostupnoj naučnoj literaturi, niko nije tretirao navedene probleme na način na koji je to urađeno u disertaciji Miška Subotića; drugim rečima, pristup problematici i dobijeni rezultati su originalni.

Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

Literatura korišćena u radu sadrži najnovije radove relevantne za problematiku disertacije, ali sadrži i klasične radove, kao i odgovarajuće knjige. Broj bibliografskih jedinica navedenih na kraju disertacije ukazuje na kandidatov veoma širok i temeljan uvid u naučnu oblast tretiranu u disertaciji.

Analiza primenjenih naučnih metoda i njihova adekvatnost za sprovedeno istraživanje

U disertaciji pod naslovom “**Uticaj akustičkog i biološkog šuma na kvalitet merenja signala otoakustičke emisije**” primenjeni su sledeći naučni metodološki postupci u realizaciji istraživanja:

- Teorijsko razmatranje postupaka merenja OAE na bazi detaljnog uvida u literaturu.
- Formiranje reprezentativnog uzorka ispitanika na kojima će se meriti biološki šumovi i OAE.
- Definisane i snimanje baza stimulusa koji se odnose na signale bioloških šumova u oba uva i signale OAE.
- Analiza i karakterizacija šumova u ušnim kanalima sa posebnim osvrtom na njihovu međusobnu korelaciju/koherenciju.
- Definisane i izbor matematičkih algoritama za detekciju signala OAE, odnosno za potiskivanje biološkog šuma u signalu OAE.
- Realizacija hardversko-softverskog okruženja za implementaciju predloženih rešenja.
- Numerički eksperimenti primene predloženih rešenja.
- Simulacija realnih uslova detekcije OAE u biološkom šumu, statistička obrada dobijenih rezultata i procena uspešnosti predloženih postupaka.

Navedeni postupci u osnovi pripadaju eksperimentalnim i teorijskim istraživanjima i u potpunosti odgovaraju problemu i postavljenom cilju disertacije.

Ocena primenljivosti i verifikacije ostvarenih rezultata

Predloženi postupak dvokanalnog potiskivanja šuma doprinosi poboljšanju odnosa signal/šum, povećanju reproduktivnosti, skraćanju trajanja merenja i proširenju frekvencijskog opsega merenja OAE. Ovo su izuzetno važni parametri za primenu sistema za merenje TEOAE u kliničkoj praksi kako za skrining tako i za dijagnostičke procedure u oceni kvaliteta sluha.

Činjenica da je razvijeni metod i postupak za potiskivanje biološkog šuma pri merenju i detekciji signala OAE testiran nakon integracije sa već postojećim COCHLEA sistemom za merenje TEOAE, kazuje da su postignuta poboljšanja verifikovana u realnim okruženjima.

Ocena sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Kandidat je tokom izrade ove doktorske disertacije pokazao da je u stanju da samostalno rešava probleme i da uspešno vlada savremenim naučnim saznanjima i metodama. Takođe, kandidat je ispoljio zahtevanu naučnu zrelost i osposobljen je za dalji uspešan naučno-istraživački rad. Ovoj oceni idu u prilog i činjenice iz njegovih biografskih podataka o broju objavljenih radova i učešća na velikom broju projekata iz osnovnih i primenjenih istraživanja.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

U disertaciji Miška Subotića su ostvareni sledeći naučni doprinosi:

- statistička karakterizacija biološkog šuma u slušnim kanalima i njihova statistička međuzavisnost (korelisanost/koherentnost) u levom i desnom uvu,
- postavljena je nova metodologija merenja otoakustičkog signala na bazi binauralnog snimanja bioloških šumova i koherentnog potiskivanja i signalu otoakustičke emisije,
- razvijen je novi algoritam obrade signala otoakustičke emisije na bazi dvokanalnog adaptivnog filtriranja i potiskivanja bioloških šumova,
- postignuti su dobici u odnosu (signal otoakustičke emisije)/(biološki šum) i u reproduktivnosti merenja signala otoakustičke emisije u odnosu na postojeća rešenja,
- postignuto je značajno skraćanje vremena merenja otoakustičke emisije, što ima velike implikacije za kliničku praksu.

Kritička analiza rezultata istraživanja

Sagledavanjem ciljeva istraživanja, postavljenih hipoteza i dobijenih rezultata, konstatujemo da je kandidat uspešno odgovorio na sva bitna pitanja i dileme koje suštinski proizilaze iz obrađivane problematike. Razvijena metoda poboljšanja detekcije signala OAE u prisustvu biološkog šuma daje rezultate koji imaju značajan naučni a posebno stručni doprinos u oblasti audiologije. Uvidom u priloženu literaturu kao i publikovani rad u časopisu *Annals of Biomedical Engineering*, konstatujemo da se istraživanjima u ovoj disertaciji došlo do novih rezultata koji do sada nisu bili publikovani. Rezultati su eksperimentalno verifikovani na realnim signalima i subjektima u realnim okolnostima.

Očekivana primena rezultata u praksi

Postignuti rezultati u ovoj disertaciji nalaze osnovnu primenu u kliničkoj praksi: u skriningu sluha novorođenčadi, kod topološke dijagnostike, kvantitativne procene sluha, otkrivanja početne faze kohlearnog oštećenja tokom izloženosti buci ili ototoksičnim lekovima i praćenja kohlearne funkcije tokom oporavka od kohlearne disfunkcije.

Verifikovani naučni doprinosi

Kandidat mr Miško Subotić je do sada objavio sledeće radove koji neposredno pripadaju užoj oblasti disertacije:

1. Subotić M., Šarić Z., Jovičić S.T. (2012). Adaptive Filter Based Two-Probe Noise Suppression System for Transient Evoked Otoacoustic Emission Detection, *Annals of Biomedical Engineering*, 40, 637-647. ISSN: 0090-6964, Impakt faktor: 2.368, vrhunski međunarodni časopis (M21).
2. Subotić M., Vojnović M. (2009). Ear canal biological noise. XVII Telecommunications forum - *TELFOR*, Proceedings, ISBN 978-86-7466-375-2, pp. 1073-1076.
3. Subotić M., Vojnović M. (2009). Elektroakustički model sonde za otoakustička merenja. Elektronski zbornik radova 53. konferencije *ETRAN*, Vrnjačka banja, ISBN 978-86-80509-64-8.
4. Vojnović M., Subotić M. (2009). Uticaj impedanse zida na prenosnu karakteristiku slušnog kanala. Elektronski zbornik radova 53. Konferencije za *ETRAN*, Vrnjačka banja, ISBN 978-86-80509-64-8.
5. Subotić M., Jovičić S.T. (2005). Vrste otoakustičkih emisija. Poglavlje u monografiji: urednici, Slobodan Jovičić, Mirjana Sovilj: *Otoakustička emisija, teorija i praksa*, IEFPG & P.A.L.O., str. 56-90, ISBN 86 - 81879-10-3, Beograd.
6. Jovičić S.T., Šarić Z., Subotić M. (2005). Metode merenja i obrade signala OAE. Poglavlje u monografiji: urednici, Slobodan Jovičić, Mirjana Sovilj: *Otoakustička emisija, teorija i praksa*, IEFPG & P.A.L.O., str. 91-121, ISBN 86-81879-10-3, Beograd.
7. Šabanović, S., Đoković. S., Subotić. M. (2005). Komparativna analiza rezultata TEOAE i BERA. *SPEECH AND LANGUAGE 2004, 2nd International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Speech and Language*, Belgrade, Proceedings, IEFPG, ISBN 86-81879-09-X, 70-75.
8. Pantelić S., Subotić M., Barlov I. (2005). Komparativna analiza rezultata TEOAE i tonalne liminarne audiometrije. *SPEECH AND LANGUAGE 2004, 2nd International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Speech and Language*, Belgrade, Proceedings, IEFPG, ISBN 86-81879-09-X, 95-100.
9. Đoković S., Subotić M., Pantelić S. (2005). Karakteristike TEOAE dece govorno-jezičkim poremećajima. *SPEECH AND LANGUAGE 2004, 2nd International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Speech and Language*, Belgrade, Proceedings, IEFPG, ISBN 86-81879-09-X, 203-207.
10. Pantelić S., Đoković S., Subotić M. (2005). TEOAE dece sa oštećenjem sluha. Zbornik radova 49. konferencije za *ETRAN*, Budva, tom II, 381-384.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Doktorska disertacija kandidata mr Miška Subotića pod naslovom **“Uticaj akustičkog i biološkog šuma na kvalitet merenja signala otoakustičke emisije”** je u celini napisana u skladu sa obrazloženjem navedenim u prijavi teme i sadrži sve bitne elemente koji se zahtevaju Pravilnikom o doktorskim studijama Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu. U disertaciji se razmatra problem detekcije signala otoakustičke emisije maskiranog biološkim šumovima. Generalno problem pripada naučnoj oblasti statističke detekcije signala u šumu a praktično je lociran u domenu akustike i audiologije. Disertacija daje originalan naučni doprinos u pogledu poboljšanja kvaliteta signala otoakustičke emisije na bazi dvokanalnog (binauralnog) snimanja biološkog šuma, njegovog adaptivnog filtriranja i potiskivanja u odnosu na signal otoakustičke emisije i višeparametarskog poboljšanja performansi celog sistema. Rešenje problema ima značajnu kliničku primenu.

Ocenjujući doktorsku disertaciju, kao i činjenicu da je analizirana problematika veoma aktuelna i savremena sa aspekta naučnog i stručnog doprinosa, verifikovana objavljivanjem u relevantnom časopisu sa SCI liste, a i podatak da su najvažniji rezultati dobijeni samostalnim radom, Komisija konstatuje da je kandidat mr Miško Subotić ispunio sve uslove predviđene Zakonom o visokom obrazovanju, Statutom i Pravilnikom o doktorskim studijama Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, te sa zadovoljstvom, predlaže Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta da ovaj Izveštaj prihvati i u skladu sa zakonskom procedurom, uputi Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu na konačno usvajanje i davanje odobrenja kandidatu da pristupi usmenoj odbrani.

Komisija:

U Beogradu,
8.11.2012. godine

dr Slobodan Jovičić, redovni profesor
(Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu)

dr Miomir Mijić, vanredni profesor
(Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu)

dr Zoran Šarić, viši naučni saradnik
(Centar za unapređenje životnih aktivnosti u Beogradu)

dr Dragana Šumarac Pavlović, docent
(Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu)

dr Jovan Radunović, redovni profesor
(Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu)