

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

- Кандидат: Иван Јокић -

<p><b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b></p> <p>1. Датум и орган који је именовано комисију Решењем бр. 012-72 / 32-2013 од 27.03.2014. год. декан Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду именовано је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Др Зоран Перић</b>, редовни професор, у.н.о: Телекомуникације, изабран 24.11.2011. године, Електронски факултет у Нишу, Универзитет у Нишу (председник)</li><li>• <b>Др Срђан Крчо</b>, доцент, у.н.о: Електронско пословање, изабран 28.09.2009. године, Факултет организационих наука – Београд, Универзитет у Београду</li><li>• <b>Др Милан Ђњатовић</b>, ванредни професор, у.н.о: Рачунарство, изабран 18.03.2014. године, Факултет за компјутерске науке – Београд, Мегатренд универзитет</li><li>• <b>Др Милан Сечујски</b>, доцент, у.н.о: Телекомуникације и обрада сигнала, изабран 02.06.2010. године, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</li><li>• <b>Др Владо Делић</b>, редовни професор, у.н.о: Телекомуникације и обрада сигнала, изабран 28.03.2013. године, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду (ментор)</li></ul>
<p><b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b></p> <p>1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Иван, Драгутин, Јокић</b></p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 26.01.1980, Шабац, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет техничких наука, Нови Сад; Електротехника и рачунарство; Дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Факултет техничких наука, Нови Сад, „Утицај телефонских канала на аутоматско препознавање говорника“, Техничко-технолошке науке, у.н.о: Телекомуникације и обрада сигнала; 02.11.2010. године</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Техничко-технолошке науке, Електротехника и рачунарство; у.н.о: Телекомуникације и обрада сигнала</p>

<p><b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p> <p><b>Анализа мел-фреквенцијских кепстралних коефицијената као обележја коришћених при аутоматском препознавању говорника</b></p>
<p><b>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p> <p>Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикана и сл.</p> <p>Основни део докторске дисертације садржи 72 нумерисане странице текста груписане у оквиру 6 поглавља и списка коришћене литературе. У оквиру текста налази се: 16 слика, 5 шема, 14 графикана и 23 табеле. Испред основног дела текста, осим наслова рада и кључне документације, дати су формулација задатка докторске дисертације, сажетак на српском и енглеском језику, као и садржај рада.</p> <p>Прво поглавље представља методолошке основе рада кроз опис проблема, предмета и циља истраживања, као и претпоставки, начина и оправданости истраживања.</p> <p>Друго поглавље је посвећено опису општих поставки аутоматског препознавања говорника. Дат је преглед карактеристичних величина при верификацији и идентификацији говорника. Затим су описане основне поставке везане за увођење мел-фреквенцијских кепстралних коефицијената као обележја моделовања гласа говорника. Такође, описани су основни начини моделовања говорника: мешавине Гаусових расподела, скривени Марковљеви модели и вештачке неуронске мреже.</p> <p>У трећем поглављу су описани рани резултати добијени поступком „анализирања главних компоненти“ (енг. <i>Principal Component Analysis – PCA</i>) чији је циљ смањење димензионалности изворно примењеног вектора обележја уз очување постигнуте тачности аутоматског препознавања говорника. Ови резултати су у току израде дисертације додатно подстакли детаљнија истраживања могућих варијација у израчунавању мел-фреквенцијских кепстралних коефицијената које би допринеле већој тачности аутоматског препознавања говорника.</p> <p>Четврто поглавље описује поступак реализовања аутоматског препознавача говорника који се користио у експериментима препознавања извршеним у оквиру ове докторске дисертације. С обзиром да је препознавач прилагођен раду са говорним снимцима у wav формату, на почетку поглавља је описана структура каноничког wav формата. Затим су описани поступци добијања вредности одбирака из разматраних звучних записа и израчунавања одговарајућих вектора мел-фреквенцијских кепстралних коефицијената. У наставку су описани начин моделовања кроз примену коваријансних матрица и поступак одлучивања при аутоматском препознавању говорника.</p> <p>У наставку докторске дисертације, у петом поглављу, су дати резултати препознавања говорника извршених на снимцима из две говорне базе описане на почетку овог поглавља. Коришћењем графичког и табеларног приказа, извршен је упоредни приказ резултата препознавања у случајевима промене облика примењених чујних критичних опсега при израчунавању мел-фреквенцијских кепстралних коефицијената, укључујући правоугаоне, троугаоне и експоненцијалне облике. Такође, разматран је утицај предложеног унапређења поступка за израчунавања енергије садржане у оквиру посматраних чујних критичних опсега. У домену модела говорника, тј. одговарајућих коваријансних матрица, разматрана је променљивост елемената у моделима истог говорника предвиђених за тренинг односно тестирање. Предложен је поступак за смањење разлике између модела истих говорника са циљем повећања тачности препознавања. Експериментални резултати показују повећање тачности аутоматског препознавања говорника у следећим случајевима примене: експоненцијалних чујних критичних опсега заснованих на доњем делу експоненцијалне функције, уз поправке процене енергије унутар чујних критичних опсега, а нарочито у говорној бази која се одликује већим нивоом шума, коначног броја пондерских коефицијената, и нелинеарних функција (логаритамске и сигмоид) на елементе модела.</p> <p>Закључак и правци даљих истраживања су дати у шестом поглављу.</p>
<p><b>V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p> <p>У оквиру методолошке поставке рада, јасно су представљени проблем, предмет, циљ, претпоставке, начин и оправданост истраживања.</p> <p>У другом поглављу су концизно приказане опште поставке у области аутоматског препознавања говорника.</p> <p>Треће поглавље на ефикасан начин описује резултате истраживања које представља основу за потпуно функционалну софтверску реализацију модула за аутоматско препознавање говорника.</p>

Ово решење допушта промену свих параметара при израчунавању вектора мел-фреквенцијских коефицијената (MFCCs) и модела говорника.

Четврто поглавље детаљно описује реализацију модула за аутоматско препознавање говорника. У оквиру петог поглавља су потврђене хипотезе рада. Експериментално је показано да коришћењем MFCCs рачунатих на основу претпоставке о експоненцијалном облику чујних критичних опсега, аутоматски препознавач говорника постиже већу тачност препознавања. Такође, показано је и да се тачније препознавање постиже предложеним поступком пондерисања елемената модела говорника.

Закључни део истиче суштинске резултате и доприносе ове докторске дисертације.

## **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

### **M23 – Радови објављени у научним часописима међународног значаја**

1. Иван Д. Јокић, Стеван Д. Јокић, Владо Д. Делић, Зоран Х. Перић, „Towards a Small Intra-Speaker Variability Models”, *Electronics and Electrical Engineering*, Kaunas University of Technology, ISSN 1392-1215, 2014, Vol. 20, No. 6, стр. 100-103, DOI: 10.5755/j01.eee.20.6.7276
2. Иван Јокић, Стеван Јокић, Зоран Перић, Милан Ђатовић, Владо Делић, „Influence of the Number of Principal Components used to the Automatic Speaker Recognition Accuracy“, *Electronics and Electrical Engineering*, Kaunas University of Technology, ISSN 1392-1215, 2012, Vol. 17, No. 7, стр. 83-86, DOI: 10.5755/j01.eee.123.7.2379

### **M33 – Саопштење са међународног скупа штампано у целини**

1. Иван Јокић, Владо Делић, Стеван Јокић, Зоран Перић, "Influence of the discarding non-speaker specific model parameters and features to accuracy of automatic speaker recognition", *Proceedings of the Second International Conference TAKTONS – Novi Sad, Serbia, November 13<sup>th</sup> - 16<sup>th</sup>, 2013.*, pp. 96-99.
2. Иван Јокић, Стеван Јокић, Владо Делић, "Један начин реализације аутоматског препознавања говорника", Зборника радова 20. конференције Телекомуникациони форум ТЕЛФОР, Београд, 20.-22.11.2012., Друштво за телекомуникације, ISBN: 978-1-4673-2984-2, стр. 744-747.

### **M63 – Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини**

1. Иван Јокић, Стеван Јокић, "Automatic speaker recognition: dimensionality reduction and steps toward the creation of independent software solution", *Зборник радова 9. конференције ДОГС – Дигитална обрада говора и слике*, Ковачица, 2012., ISBN: 978-86-7892-439-2, стр. 170-173.

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Примена експоненцијалних чујних критичних опсега при израчунавању мел-фреквенцијских кепстралних коефицијената (MFCCs) повећава тачност аутоматског препознавања говорника у односу на случајеве када су примењени правоугаони или троугаони облици. Чујни критични опсеги моделују појаву маскирања компоненти у звучном сигналу на блиским учестаностима, карактеристичну за људско чуло слуха. Експоненцијална функција се одликује већим нагибом у односу на линеарну, која моделује облик троугаоних чујних критичних опсега, и зато експоненцијални чујни критични опсеги боље моделују маскирајуће особине чула слуха. MFCCs зависе од количине енергије садржане унутар посматраних чујних критичних опсега. Примена унапређеног поступка за израчунавање количине енергије садржане унутар чујног критичног опсега резултовала је највећим побољшањем у применама на снимцима из друге говорне базе која се одликује лошијим квалитетом снимака, тј. већим нивоом шума у снимцима у односу на прву

<p>говорну базу. Стога се може закључити да предложени поступак доприноси тачнијем препознавању говорника у случајевима када се говорни снимци одликују присуством шума. Примена предложених поступака умањивања променљивост елемената у моделима, тј. одговарајућим коваријансим матрицама, који моделују различите говоре истих говорника такође доприноси тачнијем препознавању говорника. Предложени поступци, било да је то пондерисање елемената модела одређеним коначним скупом коефицијената или примена неких нелинеарних функција попут логаритамске или сигмоид функције, умањују највеће елементе у моделима говорника и на тај начин приближавају елементе на истим местима у различитим моделима истих говорника.</p>
<p><b>VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА</b>  Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.</p>
<p>Начин приказа и тумачење резултата истраживања се позитивно оцењују.</p>
<p><b>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>  Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:</p>
<p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме  ДА.</p>
<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе  ДА.</p>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци  Експерименти над две говорне базе су показали да примена предложених експоненцијалних чујних критичних опега, унапређење израчунавања количине енергије унутар њих, као и предложени начини пондерисања елемената модела, побољшавају тачност аутоматског препознавања говорника.</p>
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања  Нису уочени недостаци који би утицали на резултате истраживања.</p>
<p><b>X ПРЕДЛОГ:</b>  На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:</p>
<p>- да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана</p>

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

У Новом Саду, 12.06.2014. године

\_\_\_\_\_  
Др Зоран Перић, редовни професор, председник

\_\_\_\_\_  
Др Срђан Крчо, доцент, члан

\_\_\_\_\_  
Др Милан Ђатовић, ванредни професор, члан

---

Др Милан Сечујски, доцент, члан

---

Др Владо Делић, редовни професор, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.