

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Жељка Недељковића за израду докторске дисертације

Одлуком 5003/13-1 бр. од 24.03.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Жељка Недељковића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Оптимизација система за аутоматско препознавање говорних емоција”. На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Жељко Б. Недељковић је рођен 10.06.1988. године у Ужицу. Гимназију је завршио са одличним успехом. Електротехнички факултет Универзитета у Београду је уписао 2007. године. Дипломирао је на модулу Сигнали и системи 2011. године са укупном просечном оценом 9,5. Мастер студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду је уписао 2011. године на модулу Сигнали и системи. Мастер студије је завршио са просечном оценом 10,0. Докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду је уписао 2013. године на смеру Управљање процесима и обрада сигнала. Положио је све испите са просечном оценом 10,0. У току 2011. године је провео шест месеци на стручној пракси у фирми „Унит инжењеринг“ бавећи се развојем наменских система. Од 2011. године је радно ангажован у ХЕ „Бајина Башта“ на пословима регулације, управљања и СКАДА система. Тренутно је на позицији водећег инжењера за систем управљања и телекомуникације.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Област истраживања кандидата укључује обраду сигнала, препознавање облика, моделовање и индентификацију система, а ужа област истраживачког интересовања јесте карактеризација говорног сигнала и класификациони алгоритми. Посебна пажња током његовог истраживачког рада је посвећена препознавању емоција из говорног сигнала као и индентификацији говорника и препознавању говора. Истраживачким радом кандидата је руководио професор др Жељко Ђуровић.

О његовим интересовањима и стеченим знањима говори списак положених испита на докторским студијама Електротехничког факултета у Београду:

- Увод у научни рад (оцена 10, ЕСПБ 6);
- Сложени мулти-агент системи (оцена 10, ЕСПБ 9);
- Неуралне мреже (оцена 10, ЕСПБ 9);
- Оптимални и адаптивни стохастички системи (оцена 10, ЕСПБ 9);
- Вештачка интелигенција (оцена 10, ЕСПБ 9);
- Управљање сложеним системима (оцена 10, ЕСПБ 9);
- Класификација и естимација сигнала (оцена 10, ЕСПБ 9);
- Технике обраде и препознавања говорног сигнала (оцена 10, ЕСПБ 9);
- Аутоматско вођење објеката у простору (оцена 10, ЕСПБ 9);
- Праћење покретних циљева (оцена 10, ЕСПБ 9).

Паралелно са тиме, о његовим активностима у научној области говоре и објављени радови. Укупно је 8 што објављених, што презентованих научних радова, од којих су два у међународним научним часописима, пет радова је презентовано на међународним научним конференцијама и један на домаћој научној конференцији. На пет од ових осам радова, кандидат Жељко Недељковић је првопотписани коаутор. Списак ових радова се налази у наставку.

Радови у међународним часописима (Категорија М23)

- [1] Nedeljković Ž., Milošević M., Đurović Ž.: *Analysis of features and classifiers in emotion recognition systems: Case study of Slavic languages*, - Archives of Acoustics, Vol. 45, No. 1, 2019, pp. 129–140 (DOI: 10.24425/aoa.2020.132489).
- [2] Milošević M., Nedeljković Ž., Glavitsch U., Đurović Ž.: *Speaker Modeling Using Emotional Speech for More Robust Speaker Identification*, - Journal of Communications Technology and Electronics, Vol. 64, No. 11, 2019, pp. 1256-1265 (DOI: 10.1134/S1064226919110184).

Саопштења са међународних скупова штампана у целини (Категорија М33)

- [3] Nedeljković Ž., Milošević M., Đurović Ž.: *Improved HMM for automatic speech emotion recognition*, - Proceedings of XXVII Pacific Voice Conference, Krakow 2020, Vol. 3, pp. 10-14.
- [4] Nedeljković Ž., Đurović Ž.: *QQ-plot based clustering*, - Proceedings of 6th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, Silver Lake 2019, pp. 138-141.
- [5] Nedeljković Ž., Milošević M., Đurović Ž.: *Baseline system for speaker recognition – parameter analysis*, - Proceedings of 4th International Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering, Kladovo 2017, pp. AU11.3.1-5.
- [6] Milošević M., Nedeljković Ž., Đurović Ž.: *Emotional speech databases in Slavic languages – an overview*, - 26th Annual Conference of the International Association for Forensic Phonetics and Acoustics, Split 2017, pp. 167-170.
- [7] Milošević M., Nedeljković Ž., Đurović Ž.: *SVM classifier for emotional speech recognition in software environment SEBAS*, - Proceedings of 3rd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, Zlatibor 2016, pp. AU14.1.1-4.

Саопштења са скупова националног значаја штампана у целини (Категорија М63)

[8] Nedeljković Ž., Đurović Ž.: *Automatsko prepoznavanje emocija na osnovu govora upotrebom skrivenih Markovljevih modela*, - Зборник 59. конференције за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну технику ЕТРАН 2015, Сребрно језеро 2015, стр. АУ1.6.1-5.

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.

Дана 28.05.2020. године Жељко Недељковић полагао је испит о подобности теме и кандидата (докторски испит) пред комисијом у саставу: доцент др Александра Марјановић, редовни професор др Зоран Перић, редовни професор др Татјана Лутовац, редовни професор др Драгана Шумарац Павловић. Комисија је кандидату Жељку Недељковић доделила оцелу: задовољно.

1.3. Оцелу подобности кандидата за рад на предложеној теми

Анализом досадашњег научно-истраживачког рада кандидата закључујемо да је Жељко Недељковић посвећен истраживању изузетно комплексне и атрактивне области каква је аутоматско препознавање емоција из говора. Концентришући се на анализу објављених радова, можемо констатовати да је кандидат учинио значајне напоре да се упозна са самом облашћу, као и напоре ка остварењу доприноса предметној проблематици. Сазнања до којих је кандидат дошао током досадашњег рада су добар предуслов за даље систематично бављење задатом темом. Истовремено, његово познавање базичних области у којима се истраживачка тема налази, а то су дигитална обрада сигнала, моделирање процеса и система, теорија етимације, обрада говорног сигнала, спектрална анализа сигнала и елементи вештачке интелигенције, врло јасно говоре о његовој спремности да се озбиљно и одговорно бави научним проблемима, да заузме критичан став према својим и туђим резултатима, као и да препозна и оствари доприносе у наведеним научним дисциплинама.

2. Предмет и циљ истраживања

Данашњи развој друштва диктира све строжије захтеве према техничким системима, па се дошло дотле да је вештачка интелигенција као основни задатак добила да омогући машинама да обављају различите функције као што би их обављали људи. При томе се захтева и нешто више, а то је да постоји и интеракција која личи на хуману. Већ је много урађено на пољу интеракције човек-машина, где су већ присутни успешни системи за аутоматско препознавање природног говора као и за синтезу говора (Delić, V., et al.: *Speech Technology Progress Based on New Machine Learning Paradigm*, - Computational Intelligence and Neuroscience, Vol. 2019, 2019, Article ID 4368036). Међутим, у свакој комуникацији често је много вреднија информација садржана у ономе што није експлицитно речено. Ту се долази до појма емоционалне интелигенције као суштине машина које су много општијег карактера, робусније, ефикасније, али и усклађеније са хуманим вредностима (Schuller, D., Schuller, B.: *The Age of Artificial Emotional Intelligence*, - Computer, Vol. 51, No. 9, 2018, pp. 38-46). Емоционална интелигенција подразумева способност разумевања осећања и расположења, као и управљање понашањем у складу са њима, што у рачунарским оквирима подразумева постојање алгоритама за препознавање емоционалних стања, алгоритама за разматрање

емоција у доношењу одлука, као и алгоритма за симулацију емоционалних стања. С обзиром да је поуздано препознавање емоција основ за правилан рад система који се баве осталим аспектима емоционалне интелигенције, суштински је битно да препознавање буде извршено са високим степеном поузданости. Информација о емоционалном стању је кодирана у говору, изразима лица, покретима тела и физиолошким знацима. При томе се паралингвистички садржај говора може сматрати најзначајнијим носиоцем емоционалних информација с обзиром на заступљеност вербалне комуникације, степен поузданости, као и могућност прикупљања.

Предмет истраживања кандидата јесу алгоритми за аутоматско препознавање емоција из паралингвистичког садржаја говора. Направљени су велики помаци на пољу аутоматског препознавања емоција из говора од првих експеримената до данас (Schuller, B.: *Speech Emotion Recognition: Two Decades in a Nutshell, Benchmarks, and Ongoing Trends*, - Communications of the ACM, Vol. 61, No. 5, 2018, pp. 90-99), али свакако постоји простор за даља унапређења. У ранијим истраживањима су коришћени различити приступи, где се у сваком може разликовати део који се бави издвајањем обележја говорног сигнала и део који се бави класификацијом издвојених обележја (Singh, Y. B., Goel, S.: *Survey on Human Emotion Recognition: Speech Database, Features and Classification*, - 2018 International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking, India 2018, pp. 298-301). У склопу истраживања, кандидат ће сагледавати перформансе класификационих метода заснованих на скривеним Марковљевим моделима, методи потпорних вектора и дубоким неуралним мрежама, где ће додатан акценат бити стављен на поправку перформанси скривених Марковљевих модела. Од обележја говорног сигнала биће пре свега испитивана спектрална обележја, а потом ће анализа бити проширена на континуална обележја, обележја квалитета гласа и нелинеарна обележја. Биће анализирани и методе за редукцију димензија вектора обележја, где ће поред познатих метода бити испитани и алтернативни приступи. На крају, биће размотрене мултикласификатоске структуре и могућности уједињења различитих приступа.

Први циљ истраживања кандидата јесте сагледавање метода за издвајање обележја и класификацију у погледу подобности за аутоматско препознавање емоција из говора. Следећи циљ јесте унапређење перформансе система за аутоматско препознавање говорних емоција, како у погледу робусности тако и тачности препознавања. Полазећи од закључака анализе познатих алгоритама, потребно је извршити поправку перформансе унапређењем постојећих и увођењем нових поступака. Такође, потребно је испитати могућности фузије различитих метода у циљу постизања супериорне перформансе.

3. Полазне хипотезе

Истраживање које је предмет докторске дисертације полази од хипотеза које су поткрепљене резултатима доступним у литератури, као и прелиминарним резултатима кандидата:

- Прва и најважнија претпоставка је да је на основу широког скупа паралингвистичких обележја говорног сигнала, могуће препознати и са великим степеном сигурности класификовати емотивно стање говорника чији се говор анализира.
- Могуће је на робустан начин естимирати обележја и испројектовати класификаторе емоција у емотивном говору, независно од говорног језика, при чему ће се у тези акценат бацити на словенске језике.
- Могуће је испројектовати објективни критеријум перформансе који ће бити ваљана мера примерености коришћења појединих обележја у вектору облика, као и примерености коришћења одређених класификатора за препознавање емоција у

емотивном говору различитих европских језика, при чему ће акценат анализе бити на словенским језицима као што су српски, пољски и руски.

- С обзиром на мултидимензионалност вектора обележја помоћу којих се врши класификација емоција, могуће је поправити поступак векторке квантизације на бази QQ криве (Quintile-Quintile Curves) и тиме омогућити квалитетније моделовање статистичких особина које неки од класификатора, као што су скривени Марковљеви модели, користе.
- Узимајући у обзир ограничења QQ-криве, могуће их је превазићи комбинујући их са применом елемената Фибоначијевог низа бројева, чиме се, на одговарајући начин, може остварити и потпуно нова техника кластеризације обележја на основу којих се врши препознавање емоција у емотивном говору.
- Комбиновањем различитих приступа за пројектовање система аутоматског препознавања емоционалног говора у један мултикласификаторски систем могу се постићи боље перформансе у односу на индивидуална решења.

4. Научне методе истраживања

У свом раду ће кандидат користити различите научне методе истраживања, при чему ће доминантно бити заступљени анализа, синтеза и генерализација. Сви резултати кандидата биће добијени кроз експерименте над одглумљеним говорним секвенцама различитих европских језика. Акценат ће бити на словенским језицима као што су српски, руски и пољски, али ће паралелно са овим базама бити коришћена и база емотивног говора на немачком језику, како би било могуће испитати особености словенских језика у односу на остале групе индо-европских језика, уколико их има. Наравно, ове се особености односе искључиво на могућности препознавања емоција у емотивном говору. Све фазе рада над експерименталним подацима биће реализоване искључиво програмским решењима које је кандидат сам испројектовао.

Сви алгоритми који буду предмет експеримената биће евалуирани на робустан начин понављањем тестова са сваком од расположивих база. Као што је речено, доминантно ће бити коришћене научне методе анализе, синтезе и генерализације, али у појединим фазама истраживања биће коришћене и компарација, експеримент, као и статистичка анализа. На овом месту, треба поменути експлицитну примену ових метода у реализацији следећих активности:

- Спровођење великог броја експеримената комбиновањем алгоритама за класификацију и издвајање обележја као и доступних база емоционалног говора (анализа, компарација, експеримент, статистика).
- Унапређење алгоритама за класификацију, издвајање обележја, редукцију димензија и формирање мултикласификаторске структуре (синтеза, експеримент, статистика, генерализација).

5. Очекивани научни допринос

Међу очекиваним научним доприносима, као резултата истраживања докторске дисертације, се издвајају:

- Компаративна анализа спектралних обележја говорног сигнала према степену подобности за употребу у системима аутоматског препознавања говорних емоција.

- Компаративна анализа типичних класификационих алгоритама у односу на примењивост у системима аутоматског препознавања говорних емоција.
- Постављање референтних резултата за словенске базе емоционалног говора употребом најчешћих поставки обележје-класификатор.
- Предлог нове методе за векторску квантизацију вектора обележја, као и других унапређења која повољно утичу на квалитет формираног модела и целокупан процес класификације.
- Предлог нове методе за редукцију димензија вектора обележја засноване на Фибоначијевом низу бројева.
- Предлог нове мултикласификаторске структуре са ансамблом класификатора произвољне величине.

6. План истраживања и структура рада

Најпре је потребно да се кандидат упозна са литературом о емоцијама у говору, алгоритмима коришћеним у досадашњим истраживањима, као и доступним базама емоционалног говора. У првој фази истраживања кандидат ће вршити имплементацију и тестирање познатих система за аутоматско препознавање емоција из говора. Вршиће се евалуација робусности обележја и класификатора често коришћених у истраживањима аутоматског препознавања говорних емоција. Тестови ће бити спроведени употребом три словенске и једне германске базе како би се омогућила генерализација закључака, као и компарација са резултатима ранијих истраживања. Добијени резултати даће увид у перформансе разматраних елемената система и послужити као добра основа за даља истраживања.

У другој фази истраживања кандидат ће размотрити могућност унапређења класификатора на бази дискретних скривених Марковљевих модела. Векторска квантизација се истиче као јако изазован задатак код имплементације дискретних скривених Марковљевих модела, тако да ће њој бити посвећена посебна пажња. Биће испитане могућности коришћења потпуно нове методе за формирање кодовника на бази QQ кривих. Такође, биће размотрена додатна унапређења која могу имати позитиван утицај на формирање модела.

У трећој фази истраживања биће преиспитане могућности описивања говорне секвенце, где ће бити испитан широк скуп обележја. Може се очекивати поправка инфомативности са проширењем скупа обележја, али се истовремено долази до проблема велике димензије вектора обележја говорног сигнала. Зато је потребно преиспитати могућности редукције димензије вектора обележја, где ће поред познатих приступа бити испитане могућности редукције димензија употребом алтернативне методе засноване на Фибоначијевом низу бројева.

У завршној фази истраживања кандидат ће анализирати могућности комбиновања различитих приступа из претходних експеримената у паралелну мултикласификаторску структуру. Такође, биће испитане могућности аутоматизованог формирања ансамбла класификатора употребом редукције димензија на бази Фибоначијевог низа бројева.

7. Закључак и предлог

Током писања овог Извештаја Комисија је узела у обзир све релевантне чињенице које формирају слику о подобности теме и кандидата за реализацију предвиђених истраживања. Имајући у виду резултате досадашњег истраживачког рада кандидата Жељка Недељковића, Комисија је стекла неоспорни утисак да кандидат јесте способан за научно-истраживачки рад као и за реализацију предвиђених истраживања. Са друге стране,

анализирајући предложену тему под називом „Оптимизација система за аутоматско препознавање говорних емоција“, стављајући је у контекст савремених, актуелних научних истраживања, сагледавајући наведене непосредне циљеве, очекиване резултате и доприносе, Комисија је у потпуности сагласна да оваква тема задовољава све услове подобности за докторску дисертацију. При томе, Комисија констатује да ова тема припада ужој научној области Управљање системима и обрада сигнала, да Електротехнички факултет Универзитета у Београду јесте матичан за ову научну област, и при томе за ментора рада предлаже проф. др Жељка Ђуровића запосленог на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Уз Извештај је приложен списак радова проф. Жељка Ђуровића који га квалификују за ментора. У закључку овог Извештаја, а имајући у виду све напред наведено, Комисија има част да Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду предложи да прихвати тему докторске дисертације „Оптимизација система за аутоматско препознавање говорних емоција“ и да кандидату Жељку Недељковић омогући да приступи њеној изради.

У Београду,
05.06.2020.

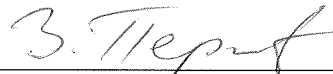
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Жељко Ђуровић, редовни професор (ментор)
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Александра Марјановић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Зоран Перић, редовни професор
Универзитет у Нишу – Електронски факултет



др Татјана Дутовац, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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