

**ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ****ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ**

Презиме, име једног родитеља и име	Томић, Славко Стефан
Датум и место рођења	26.05.1989. Врање
<b>Основне студије</b>	
Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Електронски факултет
Студијски програм	Телекомуникације
Звање	Дипломирани инжењер електротехнике
Година уписа	2008
Година завршетка	2013
Просечна оцена	9.42

**Мастер студије, магистарске студије**

Универзитет	/
Факултет	/
Студијски програм	/
Звање	/
Година уписа	/
Година завршетка	/
Просечна оцена	/
Научна област	/
Наслов завршног рада	/

**Докторске студије**

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Електронски факултет
Студијски програм	Електротехника и рачунарство
Година уписа	2013
Остварен број ЕСПБ бодова	582
Просечна оцена	10

**НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Наслов теме докторске дисертације	Развој алгоритама за кодовање говорног и аудио сигнала
Име и презиме ментора, звање	др Зоран Перић, редовни професор
Број и датум добијања сагласности за тему докторске дисертације	07/03-016/18-006, 22.05.2018

**ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Број страна	113
Број поглавља	9
Број слика (шема, графика)	23
Број табела	22
Број прилога	/



**ПРИКАЗ НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КАНДИДАТА  
који садрже резултате истраживања у оквиру докторске дисертације**

Р. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
1	<p><b>Stefan Tomić, Zoran Perić, Jelena Nikolić</b>, „An algorithm for simple differential speech coding based on backward adaptation technique“, <i>Informatica</i>, (2018), vol. 29, no. 3, pp. 539-553, dx.doi.org/10.15388/Informatica.2018.180</p> <p>У раду је представљен једноставан алгоритам за диференцијално кодовање говорног сигнала, заснован на адаптацији уназад. Како се предикција и адаптација извршавају уназад, предложени алгоритам остварује висок квалитет кодованог сигнала, док се битска брзина не повећава.</p> <p>Такође, кодовањем сигнала разлике уместо оригиналног улазног сигнала се ефикасније користи расположива битска брзина. Сигнал разлике се квантује применом квазилогаритамског квантизера са адаптацијом уназад.</p> <p>Анализом експериментално добијених резултата, утврђено је да се алгоритмом предложеним у овом раду задовољава G.712 препорука за висок квалитет кодованог сигнала уз коришћење 6 бита по одмерку за кодовање.</p>	M21
2	<p><b>Stefan Tomić, Zoran Perić, Jelena Nikolić</b>: „Modified BTC Algorithm for Audio Signal Coding.“ <i>Advances in Electrical and Computer Engineering</i>, (2016), vol. 16, no. 4, pp. 31-38</p> <p>Рад приказује пројектовање модификованог BTC алгоритма и његову примену у кодовању аудио сигнала. Оригинални алгоритам је пројектован за кодовање црно-беле слике, па се модификације базирају на сличности и разликама ова два сигнала.</p> <p>Највећи део модификација је имплементиран у поступку квантизације. Квалитет кодованог сигнала је анализиран посматрањем SQNR-а, који је са циљем поређења одређен и за логаритамски PCM, оптимални компандор са адаптацијом унапред, као и за BTC алгоритам са применом униформног квантизера са више нивоа.</p> <p>Нумерички резултати су показали да се за мање величине фрејма остварује већи SQNR, услед мањих грешака у процени параметара улазног сигнала. Такође, упоредна анализа резултата показала је да предложени алгоритам остварује значајан добитак у SQNR-у у односу на методе из поређења, као и да је предложени алгоритам погодан за примену у кодовању аудио сигнала.</p>	M23
3	<p><b>Stefan Tomić, Zoran Perić, Milan Tančić, Jelena Nikolić</b>: „Backward Adaptive and Quasi-Logarithmic Quantizer for Sub-Band Coding of Audio“, <i>Information Technology and Control</i>, (2018), vol. 47, no. 1, pp. 131-139</p> <p>У раду је предложена шема за кодовање аудио сигнала заснована на подопсежном кодовању (Subband coding, SBC) уз опис конструкције и примену квазилогаритамског квантизера са адаптацијом уназад. Представљена кодна шема је базирана на декомпозицији сигнала и индивидуалној обради подопсега. Представљене су две SBC шеме, адаптивна и неадаптивна. Примена адаптације додатно побољшава перформансе кодовања, посебно у случају коришћења мањих вредности фактора компресије. Овај рад такође описује одређивање ефикасне расподеле битова, одн. бит-алокације, између различитих подопсега са циљем што бољег искоришћења расположиве битске брзине. Резултати показују да се предложене кодне шеме могу успешно имплементирати у кодовању аудио сигнала, пружајући висококвалитетни излазни сигнал.</p>	M23
4	<p><b>Stefan Tomić, Zoran Perić, Milan Tančić</b>: „Forward Mean-Adaptive Quasilogarithmic Quantizer for Coding of Correlated Sources“, <i>Facta Universitatis, Series: Automatic Control and Robotics</i>, (2016), vol. 15, br.3, str. 205-215.</p> <p>У овом раду је представљен квазилогаритамски квантизер са адаптацијом унапред конструисан за корелисане изворе. Адаптација се врши на основу средње вредности улазног сигнала. Овај квантизер користи корелацију између суседних одмерака улазног сигнала и задржава ниску рачунску сложеност. Услед своје робусности, овај квантизер има веома велику потенцијалну област примене, пружајући приближно константну вредност објективног квалитета излазног сигнала, за случај примене на сигнале са различитим статистичким карактеристикама. Такође је анализиран утицај различитих фактора компресије на квалитет излазног сигнала. Експериментално добијени резултати су показали да је предложени квантизер погодан за примену у кодовању високо корелисаних извора, као што су говорни сигнал високог квалитета и музички аудио сигнали.</p>	M24
5	<p>Milan Tančić, Zoran Perić, <b>Stefan Tomić</b>, Nikola Simić: „Speech Signal Coding Using Forward Adaptive Quantization and Simple Transform Coding“, <i>Elektronika Ii Elektrotehnika</i>, (2016), vol. 22 br. 3, str. 74-77.</p> <p>У овом раду предложен је метод (алгоритам) који укључује просто трансформационо кодовање и квантизацију са адаптацијом унапред за кодовање говорног сигнала. Адаптација је извршена на варијансу улазног сигнала, обезбеђујући ефикасно коришћење опсега, док трансформационо кодовање обезбеђује под-секвенце сигнала са карактеристикама које су боље</p>	M23



предвидиве (то јест омогућава бољу бит алокацију). Као објективна мера квалитета коришћен је однос сигнал-квантизациони шум (SQNR) који је поређен са SQNR-ом добијеног применом импулсне кодне модулације. Приказана математичка анализа са нумеричким резултатима показује погодност примене предложеног алгоритма кодовања.

Milan Tančić, Zoran Perić, **Stefan Tomić**: „Performance of Quasi-logarithmic Quantizer for Discrete Input Signal“, *Information Technology and Control*, (2017), 46(3), 395-402.

- 6 У овом раду су анализирани перформансе квазилогаритамског квантизера, конструисаног за корелисани дискретни улаз. Квантизер је пројектован за Лапласов извор, док су експерименти обављени обрадом широкопојасног говорног сигнала узоркованог на 16 [kHz]. Квантизер је примењен као друга фаза двостепеног система квантизације, где се у првом кораку врши одмеравање континуалног сигнала, док се у другој фази остварује додатна компресија података. Главни циљ је унапређење дизајна квантизера, дискутовањем теоријских перформанси оба модела квантизације. Како традиционални модели за процену перформанси пружају процену просечних перформанси, предложен је нови модел који детаљно анализира перформансе за сваку варијансу случајних улазних сигнала. Коначно, резултати експеримента су показали одлично поклапање са теоријским резултатима.

M23

Zoran Perić, Milan Tančić, **Stefan Tomić**, Dejan Ćirić: „Subband coding of audio signal with logarithmic companders“, 12<sup>th</sup> International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS), (2015), ISBN: 978-1-4673-7514-6, pp.19-22, October 2015, Niš

- 7 У овом раду је представљен систем за кодовање аудио сигнала који користи дигиталне филтре за поделу сигнала на одређени број подопсега, од којих се сваки кодује посебно. Анализиран је утицај бит-алокације на систем и одређена оптимална вредност бит-алокације за коју кодна шема обезбеђује најбољи квалитет кодовања. Посматрајући однос сигнал-шум квантизације показано је да се декомпозицијом сигнала дигиталним филтрима и њиховим кодовањем добија бољи квалитет излазног сигнала у односу на импулсно кодну модулацију, што омогућава смањење броја бита потребних за кодовање да би се остварио жељени квалитет. Математичком и нумеричком анализом показана је погодност коришћења представљеног решења за кодовање аудио сигнала.

M33

### ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидат испуњава услове за оцену и одбрану докторске дисертације који су предвиђени Законом о високом образовању, Статутом Универзитета и Статутом Факултета.

ДА НЕ

На основу услова превиђених Законом о високом образовању, Статутом Универзитета, Правилником о поступку припреме и условима за одбрану докторске дисертације и Статутом Електронског факултета у Нишу, Комисија константује да кандидат Стефан Томић испуњава све предвиђене услове за одбрану докторске дисертације.

### ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације (до 500 речи)

Докторска дисертација кандидата дипл. инж. Стефана Томића изложена је на 113 страна А4 формата, садржи 9 поглавља, 23 слике и 22 табеле. Дисертација је прецизно написана уз јасно одвојена поглавља и логичан след.

Ова дисертација предлаже више алгоритама за кодовање говорног и аудио сигнала. Приказани су и образложени поступци пројектовања појединих алгоритама, као и анализа квалитета кодованог сигнала, која се применом алгоритама предложених у дисертацији може остварити.

У уводном делу је представљена област докторске дисертације, као и значај теме истраживања. Дат је и кратак приказ садржине појединих поглавља који се налазе у наставку дисертације.

У другој глави је приказан преглед литературе из области докторске дисертације. Дата је анализа кодера говорног сигнала који се користе у практичној примени, као и њихов хронолошки приказ. Представљени су најзначајнији кодери и стандарди коришћени у кодовању аудио сигнала.

Треће поглавље описује основе техника квантизације. Приказане су поделе квантизера, као и поступци пројектовања типова квантизера који се примењују у дисертацији.

У четвртој глави су представљени нови алгоритми за кодовање говорног и аудио сигнала засновани на подопсежном кодовању. Представљени алгоритми користе погодности подопсежног кодовања, код којег се улазни сигнал дели на више независних подопсега, како би се извршило ефикасније кодовање сигнала и уштеда ресурса потребних за њихов пренос и складиштење. Извршено је пројектовање алгоритама који врше декомпозицију улазног сигнала на два, три и четири фреквенцијска подопсега, уз примену адаптивних и не-адаптивних техника квантизације. Приказани експериментално добијени резултати приказују значајан добитак у квалитету кодованог сигнала, у односу на посматране методе сличне комплексности.

Пето поглавље представља пројектовање модификованог ВТС алгоритма, који је оригинално намењен



кодовању црно-беле слике и његову примену у кодовању говорног и аудио сигнала. Како су у питању различити типови сигнала, примењене су значајне модификације алгоритма, док је задржана основна идеја оригиналног алгоритма.

Предложени алгоритми користе корелацију између суседних одмерака аудио сигнала и широкопојасног говорног сигнала, како би се одмерци улазног сигнала представили уз помоћ статистичких параметара појединих блокова сигнала. Развијен је алгоритам за кодовање аудио сигнала који примењује три различита квантизера. Такође, представљен је и алгоритам намењен кодовању широкопојасног говорног сигнала, који уводи додатну поделу улазног сигнала на подфрејмове уз примену квантизације са адаптацијом унапред.

У петом поглављу је такође представљен једноставни алгоритам за кодовање говорног сигнала заснован на диференцијалном кодовању и адаптацији уназад уз примену квазилогаритамске квантизације. У питању је алгоритам ниске комплексности који задовољава G.712 стандард уз битску брзину од 6 бита по одмерку.

Дисертација представља и упоредну анализу перформанси предложених алгоритама на основу субјективних и објективних метода. Организовани су тестови слушања чији је резултат MOS (Mean Opinion Score) скор, који је упоређен са SQNR-ом и PESQ мером.

У седмој глави су изнесени закључци и сумирани доприноси дисертације. Осма глава приказује коришћену литературу, док је списак референци аутора приказан у деветом поглављу.

## ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације *(до 200 речи)*

Увидом у извештај о научној заснованости теме докторске дисертације кандидата Стефана Томића, Комисија закључује да су циљеви наведени у пријави испуњени и сви задаци реализовани.

У дисертацији је приказан низ нових решења у пројектовању алгоритама за кодовање говорног и аудио сигнала. Извршена је анализа постојећих техника и решења до сада примењених у кодовању говорног и аудио сигнала.

Представљено је пројектовање алгоритама за кодовање говорног и аудио сигнала високог квалитета заснованог на подопсежном кодовању. Извршено је конструисање адаптивних и неадаптивних квантизера за потребе алгоритама и њихову примену у подопсежном кодовању.

Приказан је развој и могућа примена алгоритма оригинално пројектованог за компресију слике на говорни и аудио сигнал.

Предложени алгоритми су примењени на реалне улазне сигнале, шта је показало висок квалитет кодованог сигнала.

Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације *(до 200 речи)*

Према оцени Комисије, најзначајнији доприноси дисертације дипл. инж. Стефана Томића су:

- Развој нових алгоритама за кодовање говорног и аудио сигнала високог квалитета заснованих на техникама подопсежног кодовања уз анализу различитих расподела битских брзина и параметара квантизера.
- Развој модификованог ВТС алгоритма и његова примена у кодовању говорног и аудио сигнала.
- Развој једноставног алгоритма за кодовање говорног сигнала заснован на диференцијалном кодовању и адаптацији квантизера, чијом се применом задовољава G.712 стандард квалитета кодованог сигнала уз коришћену битску брзину од 6 бита по одмерку
- Конструисање неадаптивних и адаптивних квантизера за примену у кодовању говорног и аудио сигнала коришћењем различитих техника и алгоритма.
- Спровођење тестова слушања и одређивање субјективне мере квалитета сигнала кодованог алгоритмима представљеним у овој дисертацији.
- Анализа усклађености резултата различитих субјективних и објективних мера квалитета кодованог сигнала.

Оцена самосталности научног рада кандидата *(до 100 речи)*

Кандидат је радом и залагањем током докторских студија задовољио више од минималног прага за стицање звања доктора наука. Поред рада у часопису Универзитета, првопотписани је аутор на два рада категорије M23 и једног рада категорије M21. Поред тога, кандидат је показао самосталност и истрајност у научном раду чиме су испуњени услови за одбрану докторске дисертације.






## ЗАКЉУЧАК (до 100 речи)

На основу увида у поднету докторску дисертацију дипл. инж. Стефана Томића, може се закључити да дисертација садржи оригиналне научне доприносе из области кодовања говорног и аудио сигнала. Резултати истраживања су публиковани у релевантним научним часописима и представљени на више међународних конференција.

Можемо закључити да су испуњени услови прописани правилницима Факултета и Универзитета у Нишу, према којима је докторска дисертација подобна за јавну одбрану. Стога, предлажемо Наставно-научном већу Електронског Факултета, Универзитета у Нишу, да се кандидату Стефану Томићу одобри јавна одбрана докторске дисертације под насловом „Развој алгоритама за кодовање говорног и аудио сигнала“.

### КОМИСИЈА

Број одлуке ННВ о именовању Комисије	<b>НСВ број 8/20-01-008/18-028</b>		
Датум именовања Комисије	<b>У Нишу, 17.09.2018. године</b>		
Р. бр.	Име и презиме, звање		Потпис
1.	др Зоран Перић, редовни професор Телекомуникације (Научна област)	Електронски факултет, Ниш (Установа у којој је запослен)	Председник (ментор) 
	др Дејан Ђирић, редовни професор Телекомуникације (Научна област)	Електронски факултет, Ниш (Установа у којој је запослен)	
2.	др Александра Јовановић, ванредни професор Телекомуникације (Научна област)	Електронски факултет, Ниш (Установа у којој је запослен)	члан 
	др Јелена Николић, доцент Телекомуникације (Научна област)	Електронски факултет, Ниш (Установа у којој је запослен)	
3.	др Јелена Ковачевић, доцент Рачунарска техника и рачунарске комуникације (Научна област)	Факултет техничкоих наука, Нови Сад (Установа у којој је запослен)	члан 

Датум и место:

1.10.2018. године у Нишу

Примљено 17. 10. 2018

Број

04/03-016/18-015