

УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Александра Медведева 14 · Поштански фах 73
18000 Ниш · Србија
Телефон 018 529 105 · Телефакс 018 588 399
E-mail: einfo@elfak.ni.ac.rs; http://www.elfak.ni.ac.rs
Текући рачун: 840-1721666-89; ПИБ: 100232259



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING

Aleksandra Medvedeva 14 · P.O. Box 73
18000 Niš - Serbia
Phone +381 18 529 105 · Fax +381 18 588 399
E-mail: einfo@elfak.ni.ac.rs
http://www.elfak.ni.ac.rs

ДЕКАН
30.04.2018.

ОБАВЕШТЕЊЕ
НАСТАВНИЦИМА И САРАДНИЦИМА ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Докторска дисертација кандидата **мастер инж. Александра Марковића** под насловом **„Развој метода и алгоритама за процену перформанси комуникационих система применом апроксимација специјалних функција“** и Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације доступни су на увид јавности у електронској верзији на званичној интернет страници Факултета и налазе се у штампаном облику у Библиотеци Електронског факултета у Нишу и могу се погледати до **30.05.2018. године**.

Примедбе на наведени Извештај достављају се декану Факултета у напред наведеном року.

ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ



Декан

Проф. др Драган Јанковић

Обавештење обрадила:

Маја Крстић Маринковић

Маја Крстић Маринковић,

Стручни сарадник за опште и правне послове

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног
 родитеља и име Марковић Вељко Александар
 Датум и место рођења 03.08.1987. Нови Пазар

Основне студије

Универзитет Универзитет у Приштини
 Факултет Факултет техничких наука
 Студијски програм Електроника и Телекомуникације
 Звање Инжењер електротехнике и рачунарства
 Година уписа 2006.
 Година завршетка 2009.
 Просечна оцена 9,25 (девет и 25/100)

Мастер студије, магистарске студије

Универзитет Универзитет у Приштини
 Факултет Факултет техничких наука
 Студијски програм Електроника и Телекомуникације
 Звање Мастер инжењер електротехнике и рачунарства
 Година уписа 2009.
 Година завршетка 2011.
 Просечна оцена 9,89 (девет и 89/100)
 Научна област Електротехничко и рачунарско инжењерство
 Наслов завршног рада Нумеричка анализа оптичког солитонског преноса

Докторске студије

Универзитет Универзитет у Нишу
 Факултет Електронски факултет
 Студијски програм Електротехника и рачунарство
 Година уписа 2011.
 Остварен број ЕСПБ бодова 522
 Просечна оцена 10,00 (десет и 00/100)

НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске
 дисертације Развој метода и алгоритама за процену перформанси комуникационих система
 применом апроксимација специјалних функција
 Име и презиме ментора,
 звање др Зоран Перић, редовни професор
 Број и датум добијања
 сагласности за тему
 докторске дисертације НСВ број 8/20-01-004/17-021
 У Нишу, 15.05.2017. године

ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна 116
 Број поглавља 6
 Број слика (шема, графикона) 35
 Број табела 32
 Број прилога 0

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>Aleksandar Markovic, Zoran Peric, Stefan Panic, Petar Spalevic, Zoran Todorovic, <i>Improved Composite Q-Function Approximation and its Application in ASEP of Digital Modulations over Fading Channels</i>, Elektronika ir Elektrotehnika, Vol. 23, No. 3, 2017, pp. 83-88. DOI: http://dx.doi.org/10.5755/j01.eie.23.3.18338</p> <p>У овом раду, базираном на <i>Mils ratio</i> апроксимацији Q-функције, представљен је нови побољшани кополитни метод апроксимације Q-функције. На основу ове побољшане апроксимације, представљен је израз за процену средње вероватноће грешке (ASEP) за дигитални формат модулације у Накагами-<i>m</i> фединг каналу. Прво, извршено је упоређивање са другим познатим апроксимацијама Q-функције у затвореном облику и показано је да је у посматраном опсегу вредности постигнуто побољшање тачности. Показано је да се коришћењем предложене апроксимације вредности средње вероватноће грешке (ASEP) за неке примењене формате модулације могу ефикасно и прецизно проценити при преносу у Накагами-<i>m</i> фединг каналу.</p>	M23
2	<p>Aleksandar V. Markovic, Zoran H. Peric, Stefan R. Panic, Petar C. Spalevic, Bojan P. Prlncevic, <i>An Improved Method for ASEP Evaluation over Fading Channels Based on Q Function Approximation</i>, IETE Journal of Research, accepted, DOI: http://dx.doi.org/10.1080/03772063.2017.1369910</p> <p>У овом раду представљена је једноставна и веома тачна интервална апроксимација <i>erfc(x)</i> функције (Q-функције) за процену средње вероватноће грешке по симболу (ASEP) у каналу са федингом. Извршено је поређење са другим познатим апроксимацијама Q-функције и показано да је побољшање тачности постигнуто коришћењем предложене интервалне апроксимације. Показано је да се коришћењем предложене апроксимације вредности средње вероватноће грешке (ASEP) за неке примењене модулационе формате могу ефикасно и прецизно проценити када се посматра пренос у каналима са федингом. Такође је показано да су коришћењем предложене апроксимације добијене тачније вредности за средњу вероватноћу грешке по биту него коришћењем других познатих апроксимација Q-функције.</p>	M23
3	<p>Jelena Nikolić, Zoran Perić and Aleksandar Marković, <i>Proposal of simple and accurate two-parametric approximation for the Q-function</i>, Mathematical Problems in Engineering, Volume 2017, Article ID 8140487, 10 pages, accepted, DOI: https://doi.org/10.1155/2017/8140487</p> <p>Предложена је нова апроксимација Q-функције која не решава само један одређени проблем. Уместо тога, овај проблем анализиран је на један општи начин и дато је једно опште решење које има широку примену. Постављена су два циља: један је једноставност аналитичког облика апроксимације Q-функције, а други је релативно висока тачност апроксимације за широк спектар аргумената. Будући да је предложена двопараметарска апроксимација Q-функције, испитивањем утицаја избора параметара на тачност апроксимације одређени су најпогоднији параметри апроксимације и истовремено остварени постављени циљеви. Предложена апроксимација, која је упоредива или чак и боља од претходно предложених апроксимација сличне аналитичке сложености, указује на њену широку примену.</p>	M23
4	<p>Aleksandar V. Marković, Zoran H. Perić, Danijel B. Đošić, Marko M Smilić, Branimir S. Jakšić, <i>LEVEL CROSSING RATE OF MACRODIVERSITY SYSTEM OVER COMPOSITE GAMMA SHADOWED ALPHA-KAPPA-MU MULTIPATH FADING CHANNEL</i>, FACTA UNIVERSITATIS, Series: Automatic Control and Robotics, Vol. 14, No 2, 2015, pp. 99 - 109. print ISSN: 1820-6417, online ISSN: 1820-6425.</p> <p>У овом раду разматран је макродиверзити систем са макродиверзити пријемником за селекционо комбиновање (SC-selection combining) и макродиверзити SC пријемником који раде у окружењу композитног multipath фединга. Примљени сигнал који је истовремено под утицајем спорог гама фединга и брзог α-κ-μ фединга резултује у деградацији перформанси система. Макродивезити SC пријемник смањује утицај спорог гама фединга а макродиверзити SC пријемник смањује утицај брзог α-κ-μ фединга. Изведен је аналитички израз за средњи број осних пресека предложеног бежичног</p>	M24

мобилног система. Приказана математичка и нумеричка анализа показује утицај параметара спорог гама фединга и брзог α - κ - μ фединга и Рајсовог фактора на средњи број осних пресека.

Aleksandar Markovic, et. al, Linear Spline Functions Based Analysis of Wireless Channels Transmission Subjected to Multipath Fading, 12th International Conf. on Applied Electromagnetics ПЕС 2015, Niš, Serbia, 2015, pp. 93-94, ISBN 978-86-6125-144-3.

- 5 У овом раду су израчунате апроксимације израза за средњу вероватноћа грешке по биту, стандардна мера перформанси бежичних система са федингом користећи линеарну spline функцију за $L=2$, $L=4$ и $L=8$ сегмената. Како би резултати имали што општију примену систем је моделован са α - κ - μ расподелом која укључује специјалне случајеве других модела фединга, тако да добијена анализа има висок ниво генералности. Добијени су резултати који показују да ова апроксимација има висок степен тачности у широком опсегу. Разматран је и аспект апсолутних и релативних вредности грешке у широком опсегу улазних вредности параметара. M33

НАПОМЕНА: уколико је кандидат објавио више од 3 рада, додати нове редове у овај део документа

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

На основу услова предвиђених Законом о високом образовању, Статутом Универзитета, Правилником о поступку припреме и условима за одбрану докторске дисертације и Статутом Електронског факултета у Нишу, Комисија констатује да кандидат Александар Марковић испуњава све предвиђене услове за одбрану докторске дисертације.

ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације (до 500 речи)

У овој докторској дисертацији дате су основне карактеристике бежичног преноса сигнала са посебним освртом на сметње које се јављају при преносу као и математички модели за њихово описивање. Приказане су математичке методе за процену и одређивање неких критеријума перформанси неопходних за дизајнирање бежичних комуникационих система.

Показано је да се врло добра естимација, понашања мера перформанси за бежични комуникациони систем за α - κ - μ модел фединга, може остварити на основу коришћења линеарне *spline* апроксимације за $L = 2$, $L = 4$ и $L = 8$ сегмената. Такође, добијена су побољшања коришћењем композитне део-по-део *spline* апроксимације, добијене комбинацијом линеарне и квадратне *spline* функције. Показано је да предложене методе *spline* апроксимације пружају висок ниво прецизности у широком спектру улазних вредности, као и да добијени резултати за средњу вероватноћу грешке по биту (АВЕР), указују на могућност коришћења предложених метода *spline* апроксимације у различитим процесима пројектовања бежичних комуникационих система са различитим нежељеним ефектима и сметњама.

У дисертацији су предложени алгоритми за реализацију нових интервалних и композитних метода апроксимације Q-функције, које се одликују релативно ниском аналитичком комплексношћу а пружају релативно високу тачност у поређењу са предходно предложеним апроксимацијама Q-функције са сличним аналитичким облицима комплексности.

Анализирана је нова интервална побољшана апроксимација Q-функције, добијена коришћењем добрих особина појединих апроксимација за мале вредности аргумената и за велике вредности аргумената, што је показано упоређивањем са другим доступним апроксимацијама. Побољшање тачности је постигнуто у готово читавом опсегу аргумената вредности функције. Поређење вредности за ASEP у присуству Nakagami- m модела фединга за различите вредности параметра m , добијене коришћењем представљеног побољшаног интервалног метода у поређењу са вредностима добијеним помоћу других познатих апроксимација Q-функције су представљене за случајеве примењених BPSK и DE-QPSK модулационих формата. Оправданост примене предложеног алгоритма заснованог на методу интервалне апроксимације је доказана приказивањем вредности за ASEP, које су веће тачности од вредности добијених помоћу других познатих апроксимација Q-функције у читавом опсегу посматраних вредности параметара система.

Разматран је и алгоритам за конструкцију композитне апроксимације Q-функције, заснован на *Mils ratio* апроксимацији, на основу којег је постигнуто побољшање тачности апроксимације, самим тим и вредности за ASEP када се примењује предложени метод и када се ASEP рачуна на стандардни начин за случајеве преноса BPSK и DE-QPSK модулационих формата и каналу изложеном утицају Nakagami- m фединга.

Анализиран је нови приступ генералног типа, заснован на аналитичком интервалном методу апроксимације Q-функције који је адаптиван, у коме се за сваки дати аргумент може добити доња и

горња граница за апроксимацију. Додатно побољшање тачности добијено је формирањем интервалног метода апроксимације Q-функције увођењем још једног интервала за највише улазне аргументе. Поређењем са другим познатим аналитичким апроксимацијама су представљена нова интервална побољшања методе апроксимације Q-функције за два и три интервала, као и вредности за ASEP за примењене BPSK и DE-QPSK модуларне формате.

Разматрана је композитна апроксимација Q-функције добијена коришћењем генетског алгоритма у циљу проналажења оптималних коефицијената за предложену композитну апроксимацију. Добијени резултати су проверени поређењем са другим постојећим резултатима у литератури. Нумеричким израчунавањем показало се да уведена експоненцијална апроксимација другог реда превазилази најбоље предходно представљене апроксимације, нарочито у региону са ниским аргументима, док друга предложена апроксимација даје одличне резултате за високе вредности аргумената.

ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

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

Многе доступне емпиријске и аналитичке методе апроксимација Q-функције пружају различите компромисе између тачности апроксимација Q-функције, као и то да су неке од метода погодне за мале аргументе али не за велике и обрнуто. Упркос томе што имају одговарајућу аналитичку трактабилност не пружају задовољавајућу тачност. Такође, често имају врло комплексну аналитичку форму која није погодна за математичке манипулације које укључују Q-функцију.

Због наведених недостатака апроксимација Q-функције овај проблем је и даље широко распрострањен. Ово је инспирисало истраживање које је представљено у овој докторској дисертацији, при чему је испуњен циљ да предложене нове апроксимације Q-функције имају високу тачност као и једноставну аналитичку форму која омогућава извођење многих анализа које укључују Q-функцију на једноставан начин.

Остварени циљеви кроз добијене резултате представљене у докторској дисертацији омогућују пројектовање нових модела и алгоритама за имплементацију апроксимација специјалних функција за процену перформанси система за случајеве примене различитих типова модуларних, врста детекција, модела канала, као и прорачун и анализу перформанси комуникационих система. Добијени резултати омогућују израду модела и реализацију софтвера за симулацију и анализу алгоритама апроксимације специјалних функција и примени у конструкцији квантизера.

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

На основу разматраних математичких метода побољшани су постојећи и пројектовани нови модели и алгоритми за имплементацију апроксимација специјалних функција реализованих за процену најзначајнијих критеријума перформанси који дефинишу меру квалитета сигнала на пријему и који су неопходни за дизајнирање бежичних комуникационих система, са већим степеном тачности и малом комплексношћу у односу на постојећа решења, за случајеве примене различитих типова модуларних, врста детекција као и модела канала. Дата је нова интервална апроксимација Q-функције, добијена коришћењем добрих особина појединих апроксимација за мале вредности аргумената и за велике вредности аргумената. Поређење вредности за ASEP у присуству Nakagami- m модела фединга за различите вредности параметра m , добијене коришћењем представљеног побољшаног интервалног метода у поређењу са вредностима добијеним помоћу других познатих апроксимација Q-функције су представљене за случајеве примењених BPSK и DE-QPSK модуларних формата. Разматран је и алгоритам за конструкцију композитне апроксимације Q-функције на основу којег је постигнуто побољшање тачности апроксимације, самим тим и вредности за ASEP када се примењује предложени метод и када се ASEP рачуна на стандардни начин. Предложени методи као и анализирани резултати, доприносе примени и даљим истраживањима у области обраде сигнала и преноса информација.

Оцена самосталности научног рада кандидата (до 100 речи)

Сматрамо да је кандидат Александар Марковић доставио научно релевантну дисертацију под насловом “Развој метода и алгоритама за процену перформанси комуникационих система применом апроксимација специјалних функција”. Такође смо мишљења да су главни појмови истраживања добро дефинисани, да су примењени методи јасно образложени, као и да теза садржи све неопходне елементе референтног научног истраживања и да је концизно написана. Сматрамо да је кандидат урадио докторску дисертацију на предложену тему у складу са задатим истраживачким циљевима. Кандидат је показао самосталност у раду објављивањем два рада категорије M23 као првопотписани аутор као и један рад категорије M24. Такође постоји неколико научних резултата који нису објављени а у припреми су за слање у часописима са импакт фактором.

ЗАКЉУЧАК (до 100 речи)

На основу увида у докторску дисертацију и извршене анализе, може се закључити да докторска дисертација Александра Марковића представља истраживачки рад високог квалитета, који садржи оригиналне доприносе у области обраде сигнала и преноса информације. На темељу наведеног, можемо закључити да су испуњени сви критеријуми према којима је докторска дисертација подобна за јавну одбрану. Стога предлажемо Наставно-научном већу Електронског факултета, Универзитета у Нишу да се кандидату Александру Марковићу одобри јавна усмена одбрана докторске дисертације под насловом: **“Развој метода и алгоритама за процену перформанси комуникационих система применом апроксимација специјалних функција”**.

КОМИСИЈА

Број одлуке ННВ о именовану Комисије НСВ број 8/20-01-004/18-015

Датум именовања Комисије У Нишу, 16.04.2018. године

Р. бр.	Име и презиме, звање		Потпис
1.	др Зоран Перић, редовни професор Телекомуникације	Електронски факултет, Ниш	З. Перић
	(Научна област)	(Установа у којој је запослен)	
2.	др Дејан Милић, редовни професор Телекомуникације	Електронски факултет, Ниш	Д. Милић
	(Научна област)	(Установа у којој је запослен)	
3.	др Александра Јовановић, ванредни професор Телекомуникације	Електронски факултет, Ниш	А. Јовановић
	(Научна област)	(Установа у којој је запослен)	
4.	др Јелена Николић, доцент Телекомуникације	Електронски факултет, Ниш	Ј. Николић
	(Научна област)	(Установа у којој је запослен)	
5.	др Стефан Панић, ванредни професор Информационе технологије	Природно-математички факултет, Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици	С. Панић
	(Научна област)	(Установа у којој је запослен)	

Датум и место:

30. 4. 2018. г. Ниш

**ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ
У НИШУ**

Примљено 30.04.2018

Број

07/03-017/18-003