



АЛФА УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ФАКУЛТЕТ ЗА МАТЕМАТИКУ И РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Палмира Тољатија 3, 11070 Нови Београд, Србија

Тел. +381 (0) 11 2606 380, Факс: +381 (0) 11 2609 752

www.alfa.edu.rs, info@alfa.edu.rs

**НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ЗА МАТЕМАТИКУ И
РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ**

Предмет: Извештај о оцени докторске дисертације кандидата мр Наташе Савић

На седници Наставно-научног већа **Факултета за математику и рачунарске науке**, одржаној 29.06.2017. године, именована је Комисија за оцену докторске дисертације и јавну одбрану докторске дисертације кандидата мр Наташе Савић, под насловом

**ОПТИМИЗАЦИЈА ПАРАМЕТАРА ТРО-ПАРАМЕТАРСКОГ КУБНОГ
ИНТЕРПОЛАЦИОНОГ ЈЕЗГРА ЗА ПРОЦЕНУ ФУНДАМЕНТАЛНЕ ФРЕКВЕНЦИЈЕ
ГОВОРНОГ СИГНАЛА У СПЕКТРАЛНОМ ДОМЕНУ**

у саставу:

1. **др Зоран Миливојевић**, ред. проф. Алфа БК Универзитета,
(Област: Информациони системи и технологије) – ментор
2. **др Миле Петровић**, ред. проф. ФТН Косовска Митровица,
(Област: Електротехничко и рачунарско инжењерство) - члан
3. **др Небојша Денић**, ван. проф. Алфа БК Универзитета,
(Област: Информациони системи и технологије) - члан
4. **др Лазар Копања**, доцент Алфа БК Универзитета,
(Област: Информациони системи и технологије) - члан

Након прегледа достављене Дисертације и других пратећих докумената и разговора са Кандидатом, Комисија подноси Наставно-научном већу Факултета за математику и рачунарске науке

ИЗВЕШТАЈ

1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Мр Наташа Савић трећу годину докторских студија Факултета за математику и рачунарске науке уписао је школске 2014./2015. године. Кандидат је положио све диференцијалне испите, који су дефинисани одлуком Комисије за упис, и то:

- а) **Квалитет и стандарди у рачунарству** (10 ЕСПБ), оцена 10, проф. Видоје Морачанин.
- б) **Рачунарско моделирање природних и техничких процеса** (10 ЕСПБ), оцена 10, проф. Трајко Петровић.
- в) **Компјутерска анимација** (10 ЕСПБ), оцена 10, проф. Небојша Денић.
- г) **Функционално програмирање** (10 ЕСПБ), оцена 10, проф. Зоран Миљивојевић

На основу студијског истраживачког рада (научно-истраживачки рад, публиковање радова, учешће на стручним семинарима, симпозијумима, скуповима и др.) кандидат је стекао право на пријаву теме докторске дисертације.

Кандидат мр Наташа Савић поднео је 28. 03. 2016. године Захтев за одобрење теме докторске дисертације под радним насловом „**Оптимизација параметара тро-параметарског кубног интерполационог језгра за процену фундаменталне фреквенције говорног сигнала у спектралном домену**“.

Наставно-научно веће Факултета за математику и рачунарске науке, на седници која је одржана 21.7. 2016. године, предложило је **Комисију за оцену научне заснованости и подобност пријављене теме докторске дисертације** као и подобност докторанда и компетенције ментора, у саставу:

1. **др Зоран Миљивојевић**, ред. проф. Алфа БК Универзитета,
2. **др Миле Петровић**, ред. проф. ФТН Косовска Митровица,
3. **др Небојша Денић**, ван. проф. Алфа БК Универзитета,
4. **др Никола Секуловић**, ван. проф. Алфа БК Универзитета .

За ментора је предложен **др Зоран Миљивојевић**, ред. проф. Алфа БК Универзитета. Ментор испуњава законске услове за ментора, налази се на листи ментора (Одлука Сената

Алфа БК Универзитета бр. 571/13, од 20.12.2013. год.) и бави се научним радом из научне области која је предмет дисертације.

Наставно-научно веће Факултета за математику и рачунарске науке, на седници која је одржана 28.8.2016. године, на основу Извештаја **Комисије за оцену научне заснованости и подобност пријављене теме докторске дисертације**, кандидата мр Наташе Савић, под насловом „**Оптимизација параметара тро-параметарског кубног интерполационог језгра за процену фундаменталне фреквенције говорног сигнала у спектралном домену**“ донело је Одлуку о прихватању предложене теме докторске дисертације. На истој седници, Наставно-научно веће прихватило предлог којим се др Зоран Миливојевић, редовни професор Алфа БК Универзитета, именује за ментора.

Сенат Алфа БК Универзитета је на седници 1.9.2016. год. је дао сагласност на предложену тему докторске дисертације и предложеног ментора.

Након урађеног рукописа докторске дисертације кандидат је 1.3.2017. год. поднео рукопис ментору на завршни преглед.

Ментор је 5.5.2017. год. написао Изјаву о процени оригиналности и сагласности за предају урађене докторске дисертације.

Електронску верзију и штампане верзије уз Изјаву о процени оригиналности и сагласности за предају урађене докторске дисертације ментора, кандидат је предао Декану Факултета за математику и рачунарске науке, 5.5.2017. год.

На предлог ментора, а у складу са његовим извештајем о садржају и квалитету дисертације Наставно-научно веће Факултета за математику и рачунарске науке дало је на седници 29.6.2017. год., позитивно мишљење о испуњености услова за одбрану докторске дисертације и формирало **Комисију за оцену докторске дисертације и јавну одбрану докторске дисертације** у саставу:

1. др **Зоран Миливојевић**, ред. проф. Алфа БК Универзитета,
2. др **Миле Петровић**, ред. проф. ФТН Косовска Митровица,
3. др **Небојша Денић**, ван. проф. Алфа БК Универзитета,
4. др **Лазар Копања**, доцент Алфа БК Универзитета .

2. Биографски подаци кандидата

Мр Наташа Савић рођена је 14. 12. 1965. године у Прокупљу. Основну и средњу школу завршила је у Нишу. Филозофски факултет у Нишу, Група за Математику завршила је 1993. године. Специјалистичке студије на Филозофском факултету у Нишу, на Групи за математику уписала је 1994/95., а завршила 1996. године и одбранила специјалистички рад под називом: "Функционални рачун у Банаховим алгебрама". Стручни испит за професора математике положила је 1998. године. Магистарске студије на Природно-математичком факултету Универзитета у Нишу завршила је 2012. године са просечном оценом 9.86 и одбранила магистарску тезу "Функције генератрисе и Риорданови низови са применом на Ханкелове детерминанте и комбинаторна интерпретација".

Школске 1993./94. радила је у Основној школи "Јастребачки партизани" у Меровини, а потом у Основној школи "Учитељ Таса" у Нишу.

Од новембра 1994. године ради на Високој техничкој школи у Нишу као стручни сарадник за математику. Од 1999. године до сада ради као предавач. Предаје Математику и Нацртну геометрију.

2.1. Стечено научноистраживачко искуство

Након магистрирања њене научно-стручне активности усмерене су ка примени математичких метода на решавању проблема из области дигиталног процесирања говора и слике, односно изналажењу оптималних алгоритама за процену параметара говора и слике. Алгоритми се базирају на примени параметарских конволуционих језгара.

Трећу годину докторских студија на АЛФА Универзитету, на Факултета за математику и рачунарске науке, уписала је школске 2014./2015. године.

2.2. Преглед остварених научно-стручних резултата

Своје научне резултате кандидат је објављивао у научним часописима и презентовао на научно-стручним конференцијама. Структура и бодовна вредност објављених радова је:

а) из области дисертације

	M23	M33	M52	M63	
Бр. радова	1	5	3	9	
Бодови	3	1	1.5	0.5	
Укупно	3	5	4.5	4.5	17

б) ван области дисертације

	M33	M52	M63	
Бр. радова	4	1	9	
Бодови	1	1.5	0.5	
Укупно	4	1.5	4.5	10

Индекс научне компетенције кандидата је: $17+10=27$

3. Опис дисертације

3.1 Наслов дисертације

Оптимизација параметара тро-параметарског кубног интерполационог језгра за процену фундаменталне фреквенције говорног сигнала у спектралном домену

3.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада пољу Природно-математичких наука из области Рачунарских наука за које је студијски програм Рачунарске науке, факултета за Математику и рачунарске науке акредитован од стране Комисије за акредитацију и проверу квалитета (број: 612-00-00905/2013-04).

3.3 Подаци о дисертацији

Докторска дисертација написана је на 193 стране текста, формата А4, куцаног латиничним писмом. Садржи 66 слика, 28 табела и 155 библиографских референци.

Дисертација садржи:

- насловну страну на српском језику,
- насловну страну на енглеском језику,
- Изјаву ментора о процени оригиналности и сагласности за предају урађене докторске дисертације,
- страну са подацима о ментору и члановима Комисије,
- захвалницу,
- резиме на српском и енглеском,
- садржај,
- попис слика,
- попис табела,
- увод,
- пет тематских поглавља ,
- закључак,
- литературу,
- биографију аутора
- списак научних радова аутора из области теме, и
- прилоге (Прилог 1. Изјава о ауторству, Прилог 2. Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације и Прилог 3. Изјава о коришћењу).

3.4 Предмет и циљ дисертације

Процена фундаменталне фреквенције, f_0 , говорних и аудио сигнала, је изузетно актуелна и савремена област о чему сведочи велики број објављених радова из ове области у научним часописима са високим импакт фактором. Процена f_0 , у спектралном домену реализује се у следећим корацима: а) израчунавање амплитудске карактеристике у N тачака применом Дискретне Фуријеове Трансформације, DFT, односно брзе Фуријеове Трансформације FFT дужине $NFFT$ над временским сигналом, б) проналажење фреквенцијске позиције доминантне спектралне компоненте. Тиме је извршена процена f_0 . Најчешће се стварна вредност фундаменталне фреквенције не налази на фреквенцијама где је израчуната FFT, већ лежи између два спектрална одбирка. Тиме се проузрокује грешка процене фреквенције. Грешка процене фундаменталне фреквенције креће се у границама $[(-f_s/(2NFFT)) \text{ Hz}, (f_s/(2NFFT)) \text{ Hz}]$, где је f_s фреквенција одабирања, а $NFFT$ број тачака у којима се израчунава FFT. Један начин смањења грешке је повећање броја $NFFT$. Међутим, то има за последицу хардверско-софтверско усложњавање система за обраду сигнала. Други начин смањења грешке је одређивање интерполационе функције и процена карактеристика спектра у интервалу између два одбирка. Овим поступком се врши реконструкција спектра на основу FFT-а. На даље се параметри спектра одређују аналитичким поступцима (диференцирање, интегралење, екстремне вредности,..)

Предмет ове докторске дисертације је изучавање конволуционих интерполационих језгара погодних за интерполирање амплитудске карактеристике говорног сигнала у смислу прецизности процене фундаменталне фреквенције. Изучавање је обављено у временском и спектралном домену.

Циљ дисертације је конструкција тропараметарског конволуционог интерполационог језгра трећег реда и оптимизација параметара језгра за примену код процене фундаменталне фреквенције говорног сигнала. Експерименталним резултатима вршена су тестирања и компаративна анализа средње квадратне грешке процене фундаменталне фреквенције са језгрима других аутора, која су предложена у радовима објављеним у високо ранжираним научним часописима (категија M20).

Постављени циљ је постигнут и добијени научни резултати су публиковани у часописима категорије M23 и M52, и јавно презентовани на научним конференцијама категорије M33 и M63. У објављеним резултатима јасно је назначен научни допринос као и алгоритми за примену предложених интерполационих језгара за рад у real-time режиму.

3.5 Хипотезе

На основу извршених тестирања предложених модела и упоредних анализа добијених и објављених резултата кандидата са резултатима других аутора постављене су следеће хипотезе:

X1. Повећањем броја параметра интерполационог језгра и њиховом оптимизацијом у односу на сигнал код кога се процењује фундаментална фреквенција повећава се прецизност процене.

X2. Предпроцесирањем анализираног сигнала у временском домену одговарајућом временски симетричном прозорском функцијом може се повећати прецизност процене фундаменталне фреквенције говорног сигнала применом интерполације у спектралном домену.

X3. Повећање реда интерполационе функције изнад степена 3 не доприноси повећању прецизности процене.

Постављене хипотезе су доказане као тачне и то теоријским и експерименталним путем и детаљно образложене у дисертацији.

3.6 Кратак опис садржаја дисертације

У првом поглављу (*Хронолошки развој интерполације*) детаљно је описан развој теорије интерполације почевши од древног Вавилона и античке Грчке до данашњих дана. Дат је приказ најзначајнијих радова. Указано је на различите интерполационе технике, од оскулаторне интерполације до техника конволуционе интерполације, које се користе за рад у реалном времену у обради сигнала.

У другом поглављу (*Интерполација*) описана је техника интерполације. Дат је преглед значајних нумеричких интерполационих метода. Описана је полиномијална интерполација. Дат је приказ значајних интерполационих формула. Дефинисана је грешка интерполације и графички приказана.

У трећем поглављу (*Параметарска конволуциона интерполација*) описана су параметарска конволуциона језгра. Параметарска конволуциона језгра су погодна су за *прилагођавање језгра* проблематици у циљу смањења грешке интерполације. Описана су језгра са једним и два параметра. У другом делу треће главе приказано је тропараметарско језгро које је оригинални резултат аутора. Језгро је конструисано уз три параметра чиме се повећава слобода оптимизације параметара, односно, очекује се да језгро са већим бројем параметара и њиховом оптимизацијом у односу на сигнал повећава прецизност процене фундаменталне фреквенције.

У четвртном поглављу (*Оптимизација параметара интерполационих језгара*) описани су алгоритми за оптимизацију параметара интерполационих језгара у спектралном домену. Оптимизација параметара језгра извршена је уз дефинисање мере сличности са спектралном карактеристиком идеалног интерполационог језгра облика $\sin(\pi x)/(\pi x)$ и минимизирања разлике њихових амплитудских карактеристика. У првом делу четврте главе описано је идеално интерполационо језгро облика $\sin(\pi x)/(\pi x)$ у временском домену, односно правоугаона функција у спектралном домену. Како је идеално интерполационо језгро због своје бесконачне дужине практично неоствариво поставља се питање да ли је могуће скратити језгро на прихватљиву дужину и извршити његову модификацију са циљем добијања оптималних резултата по неком критеријуму? Због тога се врши интерполација параметарским језгрима мале дужине као и одређивање вредности параметра тако да се добијају оптимални резултати. У другом делу четврте главе описан је алгоритам минимизирања таласавости спектралне карактеристике. Применом овог алгоритма одређени су оптимални параметри: а) Квадратног једнопараметарског, б) Кејсовог једнопараметарског, ц) Кејсовог дво-параметарског, д) Гревилеовог једнопараметарског, е) Гревилеовог дво-параметарског и ф) тро-параметарског кубног конволуционог језгра. У трећем делу четврте главе описани су експерименти и приказани резултати тачности интерполације применом претходно описаних конволуционих језгара.

У петом поглављу (*Процена фундаменталне фреквенције у спектралном домену*), описани су алгоритми за процену фундаменталне фреквенције говорног сигнала у спектралном домену. Процена фундаменталне фреквенције извршена је у: а) временском домену, б) спектралном домену, ц) кепструм домену као и комбинацијом. У првом делу пете главе описана је фундаментална фреквенција, и то у: а) временском и б) спектралном домену.

Фундаментална фреквенција је анализирана код: а) синусног и б) говорног тест сигнала. У другом делу пете главе описани су алгоритми процене фундаменталне фреквенције базирани на примени конволуционих језгара и прозорских функција. У овој дисертацији коришћене су: а) Hamming-ova, б) Hann-ova, в) Blackman-ova, д) правоугаона, е) Kaiser-ova и ф) троугаона прозорска функција. Као мера квалитета, односно мера прецизности алгоритма за процену f_0 , коришћена је средње квадратне грешка (**engl.** *Mean Square Error*, MSE). Као тест сигнали коришћени су: а) симулациони синусни тест сигнал и б) реални говорни тест сигнал. У трећем делу пете главе приказани су резултати оптимизације оптималних параметара језгра код процене фундаменталне фреквенције. Детаљном компаративном анализом показано је да се најмања грешка процене f_0 говорног сигнала добија применом тро-параметарског интерполационог језгра које је оригинални резултат аутора ове докторске дисертације.

У Закључку су наведени закључци до којих је аутор дошао у току рада на изради дисертације и правци даљих истраживања.

3.7 Остварени резултати и научни допринос дисертације

Кандидат је успешно остварио постављене циљеве из пријаве докторске дисертације. Извршена је конструкција тро-параметарског интерполационог језгра и одређене оптималне вредности параметара тако да грешка процене f_0 буде минимална. У циљу повећања: а) прецизности процене и б) брзине извршења алгоритма одређени су аналитички изрази за позицију максимума реконструисане функције $X_r(f)$ која је добијена применом конволуције са Кејсовим дво-параметарским језгром и тро-параметарским језгром.

Предпроцесирањем анализираних сигнала у временском домену одговарајућом временски симетричном прозорском функцијом, показано је да се може се повећати прецизност процене фундаменталне фреквенције говорног сигнала применом интерполације у спектралном домену. У докторској дисертацији систематизоване су дефиниције и основни појмови из области интерполације и дигиталне обраде говора. Дат је преглед значајних нумеричких интерполационих метода и извршена анализа њихове погодности за примену код интерполације. На основу критеријума мање нумеричке сложености предложена је конволуциона интерполација полиномијалним језгром трећег реда. Повећање реда интерполационе функције изнад трећег степена не доприноси повећању прецизности процене.

Истраживања су базирана на коришћењу методе теоријске анализе, симулационим поступцима програмски имплементираним у MatLab-у, уз коришћење математички дефинисаних симулационих сигнала као и говорних сигнала који су добијени снимањем говорника.

На основу добијених резултата препоручује се употреба тро-параметарског језгра са Kaiser-овом прозорском функцијом у фази претпроцесирања говорног сигнала. Наведени резултати показују супериорност конструисаног тро-параметарског језгра у односу на Кејсово и Гревилеово.

Литература коришћена у дисертацији садржи велики број радова новијег датума, што указује на актуелност одабране проблематике. На основу обима коришћене литературе може се закључити да је кандидат имао темељан увид у досадашње доприносе у овој и блиским научним областима. Листа укључује и радове кандидата које је објавио током израде дисертације, а који су директно проистекли из рада на дисертацији.

Тема докторске дисертације је изузетно значајна и актуелна. Део резултата из истраживања у оквиру докторске дисертације је већ верификован кроз публикавање у

међународним часописима и презентовање на међународним конференцијама. Поднета докторска дисертација представља оригиналан научни и стручни допринос, те као најзначајније резултате треба нагласити:

- а) Конструисано је тро-параметарско кубно конволуционо језгро, чијом применом је прецизније извршена процена фундаменталне фреквенције код синусног и говорног сигнала.
- б) Одређени су аналитички изрази за спектралне компоненте језгра и њихов Тејлоров развој у околини нуле.
- в) Извршена оптимизација параметара језгра у спектралном домену уз минимизирање таласавости спектралне карактеристике.
- г) Извршен избор прозорске функције за модификацију анализираног сигнала у временском домену у циљу минимизирања грешке процене фундаменталне фреквенције у спектралном домену.
- д) Одређен аналитички израз за процену фундаменталне фреквенције применом интерполационог језгра и, самим тим, избегавање интерполације и убрзавање процене.
- ђ) Одређени су аналитички изрази извода спектралних карактеристика: Кејсовог једнопараметарског, Кејсовог дво-параметарског, и Гревилеовог једнопараметарског језгра.

На основу познавања рада кандидата чланови Комисије констатују да је кандидат показао висак ниво самосталности, креативности и систематичности у истраживачком раду. Кандидат је показао способност анализе литературе, научних сазнања и експерименталних резултата из истраживачке области, уз оригиналност у креирању и исказивању својих научно-истраживачких резултата, што је потврђено и великим бројем радова у којима је кандидат првопотписани аутор. Показао је да поседује потребна мултидисциплинарана знања и способност њихове синтезе током израде докторске дисертације.

3.8 Објављени и саопштени резултати

3.8.1 из области теме предложене докторске дисертације:

а) Радови у међународним часописима (SCI) (M20)

1. Z. Milivojević, N. Savić, D. Brodić: *Three-parametric cubic convolution kernel for estimating the fundamental frequency of the speech signal*, Computing and Informatics Vol.36 , pp. 1001-1020, 2017. (M23)

http://www.cai.sk/ojs/index.php/cai/article/view/2017_2_449

б) Радови у часописима националног значаја (M50)

1. N. Savić, Z. Milivojević, D. Brodić: *Estimation of the fundamental frequency of a signal by means of interpolation with a quadratic convolution kernel*, ETF Journal of Electrical Engineering, Vol. 20, pp. 40-49, 2014. (M52)

http://www.jee.ac.me/index.php?id=20_2014

2. N. Savić, Z. Milivojević, V. Moračanin.: *The analysis of the efficiency of Polya rational parametric interpolation kernel in estimating the fundamental frequency of the speech signal*, ETF Journal of Electrical Engineering, Vol. 21, pp. 59-73, 2015. (M52)

http://www.jee.ac.me/index.php?id=21_2015

3. N. Savić, Z. Milivojević, D. Blagojević, D. Brodić, *Comparative analysis of the optimization criteria of Grevilles one-parametric interpolation kernel*, ETF Jurnal of Electrical Eng., vol. 22, pp. 43-58, 2016. (M52)

http://www.jee.ac.me/index.php?id=22_2016

в) Радови саопштени на скуповима међународног значаја штампани у целини (M30)

1. N. Savić, Z. Milivojević, D. Blagojević, D. Brodić: *Estimation of the fundamental frequency of speech signal by means of parametric quasi-rational Polya kernel*, Proceedings of The international scientific conference Unitech Gabrovo, Vol.2, pp. 119-125, 2015. (M33)

<http://eprints.ugd.edu.mk/14589/2/programaGabrovo15.pdf>

2. Z. Milivojević, N. Savić, Z. Veličković, D. Brodić, *Estimating optimal value of parameter 1P Keys kernel by DSC algorithm*, Proceedings of International Scientific Conference UNITECH, 2016, pp. 151-155, Gabrovo, Bulgaria, 2016. (M33)

<http://unitech.tugab.bg/docs/doc100.pdf>

3. N. Savić, Z. Milivojević, Z. Veličković, D. Brodić *Optimization of the parameter of 2P Keys interpolation kernel according to the criterion of similarity to sinc function in the spectral domain*, ICEST 2016, proceedings of papers 51st International scientific conference on information, communication and energy systems and technologies, Ohrid, Macedonia, -28 - 30 June 2016. (M33)

<http://icestconf.org/wp-content/uploads/2016/proceedings/ICEST2016.pdf>

4. Z. Milivojević, N. Savić, D. Brodić: *Primena Polya parametarskog konvolucionog jezgra kod procene fundamentalne frekvencije u spektralnom domenu*, Infoteh Jahorina Vol.14, str. 355-360, 2015. (M33)

<http://infoteh.etf.unssa.rs.ba/zbornik/2015/radovi/KST/KST-13.pdf>

5. Z. Milivojević, N. Savić, D. Brodić, P. Rajković: *Optimizacija parametara Kejsovog dvoparametarskog konvolucionog jezgra u spektralnom domenu*, Infoteh Jahorina 2016. (M33)

<http://infoteh.etf.unssa.rs.ba/zbornik/2016/radovi/KST-3/KST-3-12.pdf>

Радови саопштени на скупу националног значаја штампани у целини (M60)

1. Z. Milivojević, N. Savić: *Procena fundamentalne frekvencije govornog signala komprimovanog G.723.1 algoritmom PCC interpolacijom*, Informacione tehnologije, Žabljak, Crna Gora, str. 71-74, 2010. (M63)

<http://www.it.ac.me/zbornici/ZbornikIT10.pdf>

2. N. Savić, Z. Milivojević, D. Blagojević: *Procena fundamentalne frekvencije pomoću kvazi-racionalnog Polya interpolacionog jezgra*, YU INFO, sekcija Primenjena informatika str. 411-416, Kopaonik, 2015. (M63)

<http://yuinfo.artkey.rs/YUINFO%202015%20zbornik.pdf>

3. N. Savić, Z. Milivojević, D. Brodić: *Analiza efikasnosti kvadratnih konvolucionih jezgara kod procene frekvencije signala*, Informacione tehnologije, Žabljak, Crna Gora, str. 56-59, 2014. (M63)

<http://www.it.ac.me/zbornici/ZbornikIT14.pdf>

4. N. Savić, Z. Milivojević, V. Moračanin: *Analiza efikasnosti Polya racionalnog parametarskog interpolacionog jezgra kod procene fundamentalne frekvencije*, Informacione tehnologije, Žabljak, Crna Gora, str. 132-135, 2015. (M63)

<http://www.it.ac.me/zbornici/ZBORNIK%20IT15%20FIN.pdf>

5. N. Savić, Z. Milivojević: *Analiza efikasnosti parametarskih interpolacionih konvolucionih jezgara kod procene fundamentalne frekvencije signala*, Visoka tehnička škola, Niš, str. 16-19, 2015. (M63)

http://www.vtsnis.edu.rs/naucno_istrazivacki_rad/zbornik_vtsnis/zbornik_2015/05_Zbornik_2015_N_Savic_Z_Milivojevic.pdf

6. Z. Milivojević, N. Savić, Zoran Veličković, D. Brodić: *Optimizacija parametra Kejsovog interpolacionog jezgra u spektralnom domenu*, YU INFO 2016, sekcija Računarske primene Kopaonik, str. 280-286, 2016. (M63)

<http://yuinfo.artkey.rs/zbornici/2016/YUINFO2016.pdf>

7. N. Savić, Z. Milivojević, D. Blagojević, D. Brodić : *Optimizacija parametra Greville-ovog interpolacionog jezgra u spektralnom domenu*, Informacione tehnologije, Žabljak, Crna Gora, 2016. (M63)

<http://www.it.ac.me/zbornici/ZbornikIT16.pdf>

8. N. Savić, Z. Milivojevic, D. Blagojevic, D. Brodic, *Nagib spektralne karakteristike kao kriterijum optimalnosti 1P Kejsovog jezgra*, XXIII Festival of information technology achievements, Conference INFOFEST PULSE 2016. (M63)

<https://www.infofest.com/odabrani-radovi/>

9. N. Savić, Z. Milivojević, *Optimizacija parametara kvadratnog 1P konvolucionog jezgra minimiziranjem talasavosti spektralne karakteristike*, Visoka tehnička škola, Niš, str. 33-36, 2016. (M63)

http://www.vtsnis.edu.rs/naucno_istrazivacki_rad/zbornik_vtsnis/zbornik_vtsnis_2016.html

3.8.2 Ван области дисертације

а) Радови саопштени на скуповима међународног значаја штампани у целини (M33)

1. P. Rajković, S. Marinković, N. Savić, *The classical orthogonal polynomials in the tiling, matching and paths*, Proceedings of the International Conference XVI Geometrical Seminar (Ed. S. Minčić, Lj. Velimirović), pp. 103-112, 2011.

2. P. Rajković, S. Marinković, N. Savić, *The tiling and matching interpretations of classical orthogonal polynomials*, Proceedings of The international conference "Mechanical Engineering in XXI century", Niš 2010, pp. 11-14.

3. P. Rajković, N. Savić, *A Few Discrete Transforms and Their Invariants*, Proceedings of The international conference, "Mechanical Engineering in XXI century", Niš 2013, pp. 33-37

4. P. Rajković, N. Savić, K. Rajković, *Exploring programs for invariants of a few discrete transforms with random numbers trials*, 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM, 19-25 June 2014, Albena, Bulgaria, Book 2, Vol. 1, pp. 177-184.

б) Радови у часописима националног значаја (M52)

1. P. Rajković, P. Barry, N. Savić, *Number sequences in an integral form with a generalized convolution property and Somos-4 Hankel determinants*, Mathematica Balkanica, New Series Vol. 26, Fasc. 1-2 pp. 219-228.

в) Радови саопштени на скупу националног значаја штампани у целини (M63)

1. P. Rajković, N. Savić, *The combinatorial interpretation of special numbers and function*, Naučno-stručni simpozijum, Dijagnostika, Pouzdanost, Informatika, Menadžment, Saobraćaj i Ekologija, Vrnjačka Banja, Decembar 2010, Zbornik radova ISBN 978-86-83201-29-2.

2. P. Rajković, N. Savić, S. D. Marinković, *Jedna kombinatorna interpretacija verižnog razlomka*, Visoka tehnička škola, Niš, 2011, str. 105-108.

3. P. Rajković, N. Savić, *Neke invarijantne osobine Hankelovih determinanti*, Visoka tehnička škola, Niš, 2012, str. 59-62.

4. P. Rajković, N. Savić, *Konvoluciona svojstva nekih specijalnih nizova brojeva*, Visoka tehnička škola, Niš, 2012, str. 84-87.

5. N. Savić, *Spektar i rezolventa ograničenog operatora*, Viša tehnička škola u Nišu, Zbornik radova, (367-371) 2002.

6. N. Savić, M. Cvetković, *Metoda sukcesivne aproksimacije i injene primene*, Viša tehnička škola u Nišu, Zbornik radova, 2007.

7. M. Cvetković, N. Savić, *Matematika kao nastavni predmet i uloga matematičkih zadataka*, Viša tehnička škola u Nišu, Zbornik radova, 2007.

8. Z. Veličković, M. Ćirić, Z. Milivojević, N. Savić, *Brzina učitavanja WEB aplikacije razvijene u ZEND MVC FRAMEWORKU*, YU INFO 2016, Kopaonik, 2016.

9. Milivojević, Z., Veličković, Z., Savić, N., *Performanse adaptivnog frakcionog FIR diferencijatora*, Sekcija: Računarske mreže i telekomunikacije. YU INO 09, Kopaonik, 2009.

Закључак и предлог

Дисертација мр Наташе Савић, под називом “Оптимизација параметара тро-параметарског кубног интерполационог језгра за процену фундаменталне фреквенције говорног сигнала у спектралном домену” представља оригиналан, савремен и значајан научни допринос. Текст дисертације је написан јасно, разумљиво и прегледно. Организован је кроз поглавља о одељке. Циљеви дисертације јасно су формулисани а резултати истраживања систематски изложени. Научни доприноси се могу недвосмислено утврдити. У спроведеним истраживањима предложено је ново параметарско кубно конволуционо језгро. Имплементирањем предложеног конволуционог језгра у алгоритме за процену фундаменталне фреквенције говора, потврђује се већа прецизност процене у односу на прецизност раније објављених конволуционих језгара. Комисија констатује да дисертација садржи оригиналне научне доприносе, испуњава све законске, формалне и суштинске услове, као и све критеријуме који се примењују код вредновања докторских дисертација.

Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу **Факултета за математику и рачунарске науке**, Алфа БК Универзитета, да се докторска дисертација под називом “Оптимизација параметара тро-параметарског кубног интерполационог језгра за процену фундаменталне фреквенције говорног сигнала у спектралном домену” кандидата мр Наташе Савић, прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Сенату Алфа БК Универзитета, а кандидату одобри јавна усмена одбрана.

У Београду, 19.07.2017. год.

Комисија:



.....
др Зоран Миливојевић, ред. проф.
Алфа БК Универзитет, председник



.....
др Миле Петровић, ред. проф.
ФТН Косовска Митровица, члан



.....
др Небојша Денић, ван. проф.
Алфа БК Универзитет, члан



.....
др Лазар Кобања, доцент,
Алфа БК Универзитета, члан