

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Извештај комисије за оцену докторске дисертације кандидата мр Ђорђа Баљозовића, дипл. инж. електротехнике

На седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду одржаној 24.04.2012.год., одређени смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације мр Ђорђа Баљозовића, дипл. инж. електротехнике под насловом: "Уклањање шума са вишеканалних слика базирано на статистичким функцијама дубине". Након прегледа добијеног материјала, Наставно-научном већу Електротехничког факултета подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Увод

1.1 Наслов и обим докторске дисертације

Докторска дисертација мр Ђорђа Баљозовића, под називом: "Уклањање шума са вишеканалних слика базирано на статистичким функцијама дубине" је изложена на 91 страни, укључујући списак цитиране и коришћене литературе.

1.2 Хронологија одобравања и израде дисертације

Мр Ђорђе Баљозовић је пријавио докторску дисертацију 11.12.2010.год. на Катедри за Аутоматику Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Кандидат је за ментора предложио проф. др Бранка Ковачевића. Обавештење о пријави докторске дисертације је објављено на седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета 22.02.2011.год. На основу те пријаве и предлога Катедре, формирана је комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме.

Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме је поднела извештај Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду у којем је констатовала да кандидат испуњава све формалне и суштинске услове за приступање изради докторске дисертације, као и да је предложена тема "Уклањање шума са вишеканалних слика базирано на статистичким функцијама дубине" научно актуелна у домену дигиталне обраде слике. Комисија је предложила Наставно-научном већу Електротехничког факултета да се кандидату мр Ђорђу Баљозовићу одобри израда докторске дисертације под горе наведеним насловом. На основу извештаја Комисије и пратеће документације тема докторске дисертације "Уклањање шума са вишеканалних слика базирано на статистичким функцијама дубине", под менторством проф. др Бранка Ковачевића је одобрена 19.04.2011.год. од стране Наставно-научног већа Електротехничког

факултета, а 06.06.2011.год. од стране Стручног већа научних области техничких наука Универзитета у Београду.

1.3 Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација под називом: “Уклањање шума са вишеканалних слика базирано на статистичким функцијама дубине” припада техничким наукама, ужој научној области Дигитална обрада слике.

1.4 Биографски подаци о кандидату

Мр Ђорђе Баљозовић је рођен 31.05.1974.год. у Београду. Основну школу је завршио 1989.год. у Београду као ђак генерације, а Математичку гимназију у Београду 1993.год. Исте године је уписао Електротехнички факултет Универзитета у Београду на коме је дипломирао 1999.год. на одсеку за Физичку електронику, смер Микроелектроника са просечном оценом 9.03. Дипломски рад под називом “Електрофизиолошки корелати микроталасне резонантне терапије” је одбранио са оценом 10.

Одмах по дипломирању је уписао магистарске (постдипломске) студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на смеру Математичке методе у електротехници, које је завршио са просечном оценом 10. Магистарски рад под називом “Питманов критеријум за оцењивање параметара расподела вероватноће са применама” успешно је одбранио 2003.год.

Од 2004-2008.год. је корисник стипендије за таленте/младе истраживаче и учесник на пројектима из области стохастике Министарства за науку и технологију Републике Србије. Кандидат је радио на Рачунарском факултету Универзитета Унион у периоду 2007-2008.год. као (хонорарни) асистент на предметима вероватноћа и статистика, математичка анализа, линеарна алгебра, и дискретне структуре 1 и 2. Од 2008-2011.год. ради као асистент на Факултету за компјутерске науке Мегатренд универзитета на предметима дигитална логика, архитектура и организација рачунара, VLSI дизајн, рачунарска графика, web програмирање, web технологије и визуализације. Од 2011.год. је запослен као предавач на Факултету за Медије и комуникације Универзитета Сингидунум у Београду на предметима Дигитална ТВ и видео продукција и дизајн 1 и 2.

2. Опис дисертације

2.1 Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација је подељена у 5 поглавља:

1. Увод
2. Проналажење и израчунавање вишедимензионалне полупросторне медијане
3. Предложени алгоритам за отклањање шума
4. Експериментални резултати и њихова анализа
5. Закључак

Дисертација садржи 161 слику и 13 табела.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

У уводном поглављу дат је преглед свих врста шума који се најчешће појављују на вишеканалним (колор) дигиталним сликама, као и преглед линеарних и нелинеарних филтера просторног домена, са освртом на филтере из трансформационог домена. Како се рад заснива на нелинеарним филтерима просторног домена, дата је и њихова класификација са критичким освртом на сваку од класа. Истакнуто је велико интересовање за решавање проблема отклањања шума са вишеканалних дигиталних слика у истраживачким круговима, као и предности и недостаци до сада предложених решења.

У другом поглављу је описан теоријски концепт функција статистичке дубине, као и на њима заснован метод налажења вишедимензионалних медијана. Детаљно је објашњена полупросторна (Tukey-ева) функција статистичке дубине на којој се базира алгоритам DEEPLOC за налажење најдубље локације (медијане) у вишедимензионалном облаку (скупу) података. Такође, DEEPLOC алгоритам је објашњен са свим својим појединостима и карактеристикама, а његов детаљан псеудокод дат је у прилогу.

У трећем поглављу је изложен алгоритам односно принцип рада предложеног филтера за отклањање шума са вишеканалних дигиталних слика заснован на измењеној верзији DEEPLOC алгоритма.

У четвртном поглављу је дат преглед експерименталних резултата предложеног филтера, при чему су резултати отклањања импулсног и мешовитог шума поређени са 28 тренутно најактуелнијих и највише коришћених филтера у литератури. Поменути резултати су дати како табеларно и графички (при чему се пореде вредности стандардних нумеричких параметара за оцену квалитета резултата неког филтера), тако и помоћу упоредних слика на којима се оцењује визуелни квалитет сваког од поређених филтера понаособ. Такође, истакнути су детаљни заључци изведени из приказаних резултата. Сви поменути критеријуми поређења доказују супериорност предложеног филтера у односу на остале посматране филтере при отклањању најчешћих врста импулсног и мешовитог шума са вишеканалних дигиталних слика.

У петом поглављу су дати општи закључци о предложеном филтеру за отклањање шума са вишеканалних слика, као и смернице за даље развијање овог и сличних решења.

3. Оцена дисертације

3.1 Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација "Уклањање шума са вишеканалних слика базирано на статистичким функцијама дубине" представља савремен, оригиналан и значајан допринос разматраној проблематици. Значај ових истраживања се огледа у актуелности теме и веома великом броју радова који се појавио у претходних двадесет и више година у области дигиталне обраде слике. Оригиналност истраживања се огледа пре свега у потпуно новој идеји решавања проблема отклањања шума са дигиталних слика, која показује знатно боље резултате од постојећих.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији је коришћена најсавременија литература из области уклањања шума са вишеканалних дигиталних слика. Истражена је скоро сва литература која се бави тренутно најактуелнијим методама за уклањање шума, као и значајан део литературе из статистике и вероватноће, и вишедимензионалне математичке анализе. Кандидат је у дисертацији навео 65 цитата, од чега око 90% чине часописи са SCI листе.

3.3 Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

Истраживање се заснива на примени концепта функција статистичке дубине у нелинеарним филтерима просторног домена за отклањање шума. Као основа за овај филтер коришћен је модификован облик DEEPLOC алгоритма за налажење најдубље локације унутар вишедимензионалног облака података применом полупросторне функције статистичке дубине. Поменути алгоритам је математички доказан у литератури и експериментално потврђен на реалним вишедимензионалним скуповима података. Примена функција статистичке дубине у филтерима за отклањање шума са дигиталних слика је нов метод и до сада се није појављивао у литератури.

Применљивост овог филтера је проверена кроз процесирање референтних дигиталних слика (које представљају стандард у литератури из дигиталне обраде слике) корумпираних са више врста импулсног и мешовитог шума различитих интензитета. Резултати су поређени визуелно, као и помоћу стандардних нумеричких параметара за оцену квалитета отклањања шума, са 28 тренутно најактуелнијих и највише коришћених филтера за отклањање различитих врста импулсног и мешовитог шума са вишеканалних дигиталних слика. Ова методологија оцењивања резултата је опште прихваћена у савременим радовима из области отклањања шума са дигиталних слика, а резултати су у потпуности проверљиви и поновљиви.

3.4 Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Сама тема дисертације, развој нове методе за уклањање шума са вишеканалних дигиталних слика, је у потпуности посвећена решавању овог проблема који окупира пажњу веома великог броја истраживача у области дигиталне обраде слике. Предложени метод даје далеко боље резултате у отклањању шума што ће омогућити његову успешну примену у пракси, поготово у случајевима средњих и високих интензитета шума. С обзиром на то да је провера резултата извршена са стандардним дигиталним сликама које се користе у свим експерименталним истраживањима везаним за дигиталну обраду слике, сви резултати добијени у овом раду су у потпуности применљиви у пракси на било ком формату дигиталних слика. Софтвер добијен као резултат истраживања омогућава независно понављање и проверу свих резултата, као и примену филтера у даљим истраживањима.

3.5 Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Кроз рад на докторској дисертацији, као и кроз вишегодишње радно искуство у области обраде слике, кандидат се успешно развио у самосталног истраживача у области дигиталне

обrade слике. Поседује богато и разноврсно искуство, неопходно стручно и теоријско знање и друге индивидуалне квалитете неопходне за успешан научно-истраживачки рад.

4. Остварени научни допринос

4.1 Приказ остварених доприноса

Ова дисертација је проширила постојећа знања и остварила научни допринос у области дигиталне обраде слике. Настала је као плод вишегодишњег самосталног и професионалног рада.

Основни научни доприноси докторске дисертације “Уклањање шума са вишеканалних слика базирано на статистичким функцијама дубине” су:

- Веома опсежан преглед и тестирање постојећих метода за уклањање више врста импулсног и мешовитог шума са вишеканалних дигиталних слика
- Израда оригиналног метода за уклањање шума са вишеканалних дигиталних слика заснованог на полупросторним функцијама статистичке дубине, односно налажењу најдубље локације помоћу поменуте функције
- Поређењем предложеног метода са осталим познатим методама за отклањање шума са вишеканалних дигиталних слика помоћу стандардних критеријума за проверу ефикасности филтера да отклони шум, као и поређењем визуелног квалитета слика, потврђено је и доказано да предложени филтер даје боље резултате од осталих поређених филтера. Тиме је потврђена применљивост предложеног решења у пракси.
- Извршена је анализа генералне применљивости и квалитета предложеног филтера у широком опсегу интензитета и врста импулсног и мешовитог шума, и доказана ефикасност у њиховом отклањању са вишеканалних дигиталних слика.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем постављеног проблема, циљева истраживања и добијених резултата рада констатујемо да је кандидат успешно одговорио на сва битна питања и проблеме који су се наметнули у току истраживања. Развијени алгоритам за отклањање шума помоћу функција статистичке дубине представља потпуно нови концепт у истраживањима у области отклањања шума са вишеканалних дигиталних слика, који, како се показало у великом броју извршених експерименталних резултата, успешно отклања шум са дигиталних слика и при томе одржава све детаље на њима. Резултати су у потпуности применљиви у пракси јер софтвер може да уклони шум на скоро свим форматима дигиталне слике. Експериментална провера предложеног филтера за отклањање шума је показала његову већу прецизност, ефикасност и применљивост у односу на све поређене филтере у широком интервалу интензитета шума и за различите облике вишеканалног шума.

4.3 Очекивана примена rezultata у пракси

Предложени филтер за отклањање шума са вишеканалних дигиталних слика је показао боље резултате од постојећих сличних филтера. У том смислу може се очекивати да ће бити шире коришћен за отклањање вишеканалног импулсног и мешовитог шума различитих интензитета и врста. Такође, с обзиром на универзалност софтвера по питању формата дигиталне слике, може се очекивати његова успешна примена и у отклањању других врста вишеканалног шума.

Алгоритам и математичке основе предложеног филтера засноване на функцијама статистичке дубине пружају и теоријску основу за развој нових врста филтера за отклањање вишеканалног шума са дигиталних слика применом сличних резултата из области вишедимензионалне математичке анализе, рачунске геометрије, и вероватноће и статистике.

4.4 Верификовани научни доприноси

Допринос докторске дисертације је верификован кроз рад објављен у часопису са SCI листе, као и рад који је тренутно у трећем кругу рецензија такође у часопису са SCI листе, које је кандидат мр Ђорђе Баљозовић објавио у својству аутора:

Dj. Baljovic, B. Kovacevic, and A. Baljovic, "Novel method for removal of multichannel impulse noise based on half-space deepest location", *J. Electron. Imaging* **21** (1), 013025 (2012), DOI:10.1117/1.JEI.21.1.013025, *Impact Factor* 2011: 0.647, *5-Year Impact Factor*: 0.694 (From the 2011 Science Edition of Thomson Reuters' Journal Citation Report®)

Dj. Baljovic, B. Kovacevic, and A. Baljovic, "Mixed noise removal filter for multi-channel images based on halfspace deepest location", прихваћен за објављивање у *IET Image Process.* (2012), *Impact Factor* 2011: 0.639.

5. Закључак и предлог

Докторска дисертација кандидата мр Ђорђа Баљозовића, под називом "Уклањање шума са вишеканалних слика базирано на статистичким функцијама дубине" представља оригиналан научни допринос отклањању шума са вишеканалних дигиталних слика, добијен применом резултата из многобројних области математичке статистике и анализе, и иновативни приступ проблему. Ценећи оно што је приказано у докторској дисертацији и чињеницу да је анализирана проблематика веома актуелна у научној јавности, са задовољством се констатује да је кандидат мр Ђорђе Баљозовић, дипл. инж. успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима докторске дисертације. Кандидат је дошао до оригиналних, проверљивих, поновљивих и у пракси применљивих резултата у области отклањања шума са вишеканалних дигиталних слика, и показао висок ниво способности и самосталности у доношењу и спровођењу одлука у току израде докторске дисертације. На тај начин је демонстрирао способност за самосталан научни рад.

На основу прегледа докторске дисертације кандидата мр Ђорђа Баљозовића, под називом "Уклањање шума са вишеканалних слика базирано на статистичким функцијама

дубине", Комисија за оцену са задовољством констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да овај Извештај прихвати, дисертацију стави на увид јавности и упути Извештај на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да се након тога кандидат позове на јавну одбрану.

У Београду 03.05.2012.

Потписници извештаја – комисија:

др Бранко Ковачевић, редовни професор
Електротехнички факултет Универзитета у Београду, ментор

др Градимир Миловановић, редовни професор
Математички институт САНУ, дописни члан САНУ

др Миодраг Поповић, редовни професор
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

др Стевица Граовац, доцент
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

др Милан Меркле, редовни професор
Електротехнички факултет Универзитета у Београду