

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Милорада Паскаша, дипломираног инжењера електротехнике.

На основу чл. 128 Закона о високом образовању и чл. 66 и 68 Статута Електротехничког факултета у Београду, Наставно-научно веће, на седници бр. 774 од 20.05.2014. године, је донело Одлуку, бр. 5057-08-3, од 26.05.2014. године, којом смо именовани за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Милорада Паскаша под насловом

„Сегментација објеката у слици на основу анализе мултифракталних спектра“

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Милорад Паскаш уписао је докторске студије 2009. године на Електротехничком факултету у Београду у оквиру студијског програма Електротехника и рачунарство, модул Телекомуникације. Тему докторске дисертације под насловом „Сегментација објеката у слици на основу анализе мултифракталних спектра“ кандидат је пријавио 02.07.2012. године. Наставно-научно веће је на седници одржаној 03.07.2012. године именовало Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације у саставу: др Ирени Рељин, ванредни професор Електротехничког факултета, Универзитет у Београду, др Миодраг Поповић, редовни професор Електротехничког факултета, Универзитет у Београду, др Драган Кандић, редовни професор Машинског факултета, Универзитет у Београду. Тема докторске дисертације кандидата прихваћена је од стране Универзитетског стручног већа 17.09.2012. године. Наставно-научно веће је 20.05.2014. године именовало Комисију за преглед и оцену урађене докторске дисертације у саставу: др Ирени Рељин, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду, др Миодраг Поповић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду, др Драган Кандић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, др Миомир Мијић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду, др Драгана Шумарац-Павловић, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

1.2. Научна област дисертације

Научна област дисертације Кандидата је Електротехника и рачунарство, а ужа научна област је Телекомуникације. За наведене области матичан је Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

Дисертација је урађена под менторством др Ирини Рељин, редовног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Ментор има научне резултате из уже научне области која је предмет дисертације кандидата. Поред тога, ментор предаје више предмета на Катедри за телекомуникације и информационе технологије на Електротехничком факултету који су у вези са предметом дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Милорад Паскаш рођен је 2. априла 1980. године у Апатину. Основну школу завршио 1995. године у Пригревици, а гимназију „Вељко Петровић“, природно-математичког смера, 1999. године у Сомбору. Електротехнички факултет у Београду, одсек Електроника, телекомуникације и аутоматика, смер Телекомуникације, завршио 2008. године. Докторске студије, на смеру Телекомуникације и информационе технологије, уписао је 2009. године и положио све испите предвиђене планом и програмом. Од фебруара 2009. запослен је као истраживач-сарадник у Иновационом центру Електротехничког факултета у Београду. Кандидат је аутор и коаутор више радова (преко 40) објављених у часописима (од којих су два у међународним часописима са *SCI* листе), на међународним и домаћим конференцијама. Члан је удружења *IEEE*, Друштва за телекомуникације (ДС), ЕТРАН-а, и Групе за дигиталну обраду слике, телемедицину и мултимедију (*IPTM*). Рецензент је радова (часописи: *Advances in Artificial Neural Systems (Hindawi)*, *Serbian Journal of Electrical Engineering*, и конференције: ТЕЛФОР и *NEUREL*) и члан организационог одбора међународне конференције *NEUREL*.

Ангажован је на реализацији и програму истраживања на домаћим пројектима:

- “Аутоматска детекција микрокалцификација у дигитализованом мамограму у циљу ране дијагнозе карцинома дојке” (евид.бр. 145096), од 2008-2010.
- “Развој висококвалитетних уређаја посебне намене на бази нових технологија кристалних јединки” (евид.бр. TP32048), од 2011.
- “Развој дигиталних технологија и умрежених сервиса у системима са уграђеним електронским компонентама” (евид.бр. III44009), од 2011.

Ангажован је на реализацији и програму истраживања на следећим међународним пројектима:

- Европски пројекат COST IC0604 “Anatomic Telepathology Network (EURO-TELEPATH)”, трајање пројекта 2007-2011, волонтерски рад,
- Међународни пројекат анализе кардиосигнала “ECG, PCG, MCG analysis of heart activity”, EMRC - *European Medical Research Centre Ltd.*, Мађарска за *UVA Corp. Canada*, 2007-2010.
- Међународни пројекат INTELLI-CHAIR (интелигентна колица за хендикепиране особе, 2496) за PF-FOUNDATION из Хонг Конга, 2009-2011.

- Европски пројекат COST IC1005 “HDRi- High Dynamic Range Images” (2011-2014), волонтерски рад,
- COST IC1002 “MUMIA - Multilingual and multifaceted interactive information access” (2011-2014), волонтерски рад.

Усавршавао се на курсевима у области пројеката на којима је радио:

- MUMIA Training School, Олимпијада, Халкидики, Грчка, у области претраживања и индексирања текстуалних, аудио и видео информација, 2012. (пројекат COST Action IC1002 “Multilingual and multifaceted interactive information access (MUMIA)”)
- HDRi Training School, Ren, Bretanja, Francuska, u oblasti poboljšanja dinamičkog opsega u obradi slike, 2012 (projekat COST Action IC1005 “HDRi: High Dinamic Range Imaging (Digital capture, storage, transmission and display of real-world lighting)”)
- IEEE International Measurement University 2011 u Trentu, Italija, u organizaciji IEEE Instrumentation & Measurement Society.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата написана је на 107 страна технички добро обрађеног текста. Дисертација садржи списак слика, списак табела, као и литературу са 113 референци.

Докторска дисертација организована је у седам поглавља:

1. Увод
2. Фрактална синтеза
3. Фрактална анализа
4. Мултифракталност у обради слике
5. Мултифрактални оквир методе прекривача
6. Резултати примене предложених метода
7. Закључак

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље дисертације даје кратак увод у мултифракталну обраду слике у виду прегледа досадашњих научних резултата из ове области. Описане су примене мултифракталног приступа у различитим областима обраде слике.

У другом поглављу полази се од математичког модела генерисања фракталних функција као подскупа недиференцијабилних функција. Детаљно су описани модели система који се базирају на поступку итерације основне функције и контрактивног пресликавања, који доводе до комплексних геометријских структура, односно фракталних објеката.

Треће поглавље анализира проблем инверзан фракталној синтези из другог поглавља. У овом поглављу полази се од претпоставке да правила за конструкцију фракталних сигнала нису унапред позната, при чему је потребно описати сигнале параметрима из фракталног модела.

Полазећи од основне дефиниције фракталног модела (Хаусдорфова мера и димензија) уводе се величине и естимације тих величина које су касније у дисертацији коришћене.

У четвртном поглављу кандидат предлаже поделу мултифракталних метода у обради слике из литературе с обзиром на интерпретацију слике. Мултифракталне методе у обради слике подељене су, затим, на геометријске, где се слика интерпретира као геометријска површ, и на методе без аналогije са геометријским моделом, када се интензитет пиксела интерпретира као функција две просторне координате. У овом поглављу су укратко описане мултифракталне методе у обради слике у контексту модела представљеног у претходна два поглавља.

У петом поглављу је изложена методологија за адаптивно филтрирање дигиталних слика, као и за њихову класификацију и сегментацију, а које су засноване на мултифракталном моделу. Предложени поступак филтрирања слике се заснива на коришћењу локалне фракталне димензије, помоћу које се врши нискофреквенцијско филтрирање слике уз очување ивица. Предложени поступак за класификацију и сегментацију слика заснива се на генерализацији монофракталног поступка прекривача (*blanket method*).

У шестом поглављу су изложени резултати предложених мултифракталних метода. Предложени поступци тестирани су на референтним базама слика. Предложени поступак филтрирања, када се као маска за детекцију ивица користи локална димензија, илустрован је за основне нискофреквенцијске филтре у обради слике. Предложени поступци који генерализују методу прекривача у контексту мултифракталног модела детаљно су анализирани и потврђено је да дају боље резултате у односу на класичан метод прекривача са становишта класификације и сегментације слика.

Осмо поглавље сумира добијене резултате у виду закључака. На основу њих изведене су смернице за даље истраживање које би било иницирано резултатима ове дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација кандидата представља савремен и оригиналан научни допринос у истраживању из области обраде дигиталне слике. Актуелност изложених истраживања огледа се у бројним научним радовима, у научним часописима и конференцијама, објављених у протеклих тридесет година у свету. Фрактални приступ у обради слике дао је дескрипторе који могу да опишу слику на задовољавајући начин, посебно за слике које су претежно текстуралне и за текстуралне регионе унутар слике, за разлику од класичних приступа из обраде слике.

Дисертација даје јединствен оквир постојећим мултифракталним методама у обради слике. На основу предложене поделе и анализе мултифракталних метода предложене су три методе које генерализују једну од најчешће коришћених метода у литератури (методу прекривача). Генерализација реализована у дисертацији односи се на проширење монофракталне методе прекривача за мултифрактални случај. За разлику од оригиналне методе прекривача, која слику описује једном вредношћу фракталне димензије (монофрактални приступ), поступци које предлаже кандидат слику описују скупом фракталних димензија, односно мултифракталним спектром. Предложене методе су успешно верификоване на референтним базама слика за класификацију и сегментацију. Додатно, у дисертацији је илустрована употреба локалних димензија за нискофреквенцијско филтрирање слике уз очување ивица. Локалне димензије су по први пут искоришћене у ту сврху.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији коришћено је укупно 113 референци које се, већином, односе на књиге и радове из међународних часописа и конференција везаних за предмет дисертације. Литература коришћена за увођење основних појмова из мултифракталног модела односи се на референтне научне радове у којима се по први пут појављују дати појмови. У анализи и подели постојећих фракталних поступака у обради слике коришћена је савремена литература, која се односи на период од последњих двадесет година. Посебно треба нагласити да је и сам кандидат, својим објављеним радовима, допринео проширењу литературе у области примене мултифракталне и фракталне анализе сигнала.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Научни приступ који је имплементиран у дисертацији М. Паскаша, заснован је на исцрпној анализи метода објављених у литератури. На основу те анализе, приказа и дискусије везане за постојећу литературу, конструисани су алгоритми за добијање мултифракталних спектра слика. Они су, на основу постојеће праксе у обради слике помоћу мултифракталног модела, употребљени као дескриптори слика.

Предложени поступак нискофреквенцијског филтрирања уз коришћење локалних димензија пиксела, као основу користи постојећи метод филтрирања при чему се иновативност предложеног поступка огледа у употреби локалне димензије којом се контролише ниво нискофреквенцијског филтрирања у сваком пикселу.

Предложене методе су квалитативно анализирани, како би се пронашле оптималне вредности параметара изложених алгоритма. Спроведена је и квантитативна анализа предложених метода по узору на квантитативне оцене познате из литературе. Добијени резултати су приказани табеларно и графички и дискутовани на адекватан начин.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати остварени у докторској дисертацији заснивају се на генерализацији фракталне методе која је нашла широку примену у последњих тридесет година у готово свим аспектима дигиталне обраде слике. Примене се заснивају на класификацији и сегментацији слика, како природних слика тако и медицинских слика, у форензици, индустрији и др. Неке од примена класификације и сегментације илустроване су у дисертацији кандидата. Предложени поступак адаптивног филтрирања слике може се употребити за побољшање сателитских и медицинских снимака, тиме што омогућава елиминисање непожељних артефакта у слици уз очување карактеристичних делова сигнала као што су ивице. Тиме се постиже једноставнија и прецизнија дијагностика и тумачење посматраних снимака.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је досадашњим радом, кроз два рада у часописима са *SCI* листе и великим бројем радова које је приказао на међународним и домаћим конференцијама, учешћем на пројектима, као и кроз активности на припреми и изради докторске дисертације, стекао самосталност у истраживачком раду. Неколико научних радова кандидата цитирано је у међународној литератури. Резултати презентовани у дисертацији показују истраживачку зрелост кандидата и способност за свеобухватну и критичку анализу научне литературе на основу које кандидат развија и предлаже иновативна и оригинална решења која доводе до бољих резултата у односу на до тада публикована решења.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Најзначајнији научни доприноси докторске дисертације Милорада Паскаша могу се исказати као:

- Аутентичан приступ методологији и анализи постојећих фракталних модела;
- Класификација постојећих фракталних метода у дигиталној обради слике с обзиром на почетни модел слике;
- Развој и конструкција три нове мултифракталне мере за анализу дигиталне слике засноване на методи прекривача;
- Имплементација предложених мултифракталних метода у класификацији и сегментацији дигиталних слика;
- Показана је оправданост моделовања слике као мултифракталног објекта у односу на оригиналну методу прекривача која има монофракталан приступ;
- Предложена је нова адаптивна техника филтрирања дигиталних слика уз употребу локалних фракталних димензија.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Дисертација Милорада Паскаша је заснована на примени нових метода у обради слике, заснованих на мултифракталном моделу, као и на поступку адаптивног филтрирања коришћењем локалне димензије. Основни допринос дисертације представљају нови алгоритми који су иницирани познатим методама прекривача, али су унапређени увођењем мултифракталног приступа, односно на њиховој примени у класификацији и сегментацији слика. Додатни, не мање значајан, допринос је критичка анализа литературе везане за постојеће фракталне и мултифракталне мере из области обраде слике. На основу темељне анализе литературе и једног од два начина моделовања слике произашла је подела фракталних поступака из литературе у две основне групе: методе засноване на геометријском приступу и не-геометријске методе.

Методе засноване на геометријском приступу моделују слику као површ, док се не-геометријске заснивају на уобичајеном дводимензионалном моделу слике који посматра интензитет пиксела у функцији просторних координата. На сваки од ових приступа може да се примени монофрактална или мултифрактална анализа, коришћење статистике, Фуријеова анализа и слично.

Предложени поступак филтрирања заснива се на контролисаном коришћењу нискофреквенцијских филтара намењених елиминацији шума у слици. Допринос дисертације у том погледу огледа се у коришћењу локалних димензија за детекцију ивица у слици, при чему се дејство филтра смањује у регионима са ивицама, чиме поступак филтрирања мало утиче на ивице, те слика задржава оштрину. Локалне димензије рачунају се помоћу познатих техника из литературе.

Предложене мултифракталне методе искоришћене су за класификацију текстуалних слика, као и за сегментацију слика. У оба случаја као обележје је уведен мултифрактални спектар слике. За потребе класификације мултифрактални спектар је био обележје слике, док је код сегментације мултифрактални спектар био обележје пиксела (локални параметар из мултифракталног спектра). Дискриминативност предложених метода за рачунање мултифракталног спектра, у сва три случаја, превазилази оригиналну методу прекривача.

Напоменимо да фрактални модел коришћен у докторској дисертацији нема јединствену интерпретацију у научној заједници, односно да се његови различити аспекти у обради сигнала најчешће посматрају независно. У дисертацији, кандидат је пошао од основних математичких претпоставки из фракталног модела и на њима засновао методе из литературе. Тиме је дат значајан допринос разумевању фракталног модела.

Предложене су три методе за класификацију и сегментацију слике, које представљају унапређење класичне методе прекривача. Предност ове технике је у томе што се слика описује већим бројем дескриптора, а што, као што је показано у раду, производи већу тачност класификације у односу на класичну методу. Додатна флексибилност предложених метода огледа се у укидању потребе за итеративношћу, што користи оригинална метода прекривача. Тиме се постиже већа брзина извршавања алгоритма и произвољан избор величина прекривача.

Предложени поступак адаптивног филтрирања омогућава отклањање шума у слици, при чему је нискофреквенцијско филтрирање смањено у регионима са ивицама и текстурама. Тиме се постиже употреба нискофреквенцијских филтара на већим суседствима без изобличења ивица које ови филтри иначе уносе.

4.3. Верификација научних доприноса

Истраживачки рад и научни допринос у вези докторске дисертације кандидата Милорада Паскаша верификовани су кроз више научних радова објављених у часописима са *SCI* листе, на међународним и домаћим конференцијама. Објављени радови кандидата налазе се у реферетним базама: *WoS – Thomson Reuters* (5 радова), *SCOPUS – Elsevier* (16 радова), *Google Scholar* (29 радова). Најзначајнији радови кандидата који су у директној вези са дисертацијом су:

Категорија M21:

1. **M. Paskaš**, I. Reljin, B. Reljin, "Multifractal framework based on blanket method", *The Scientific World Journal*, Article ID: 894546, vol. 2014, pp. 1-12, 2014. ISSN 1537-744X (**IF=1,730** u 2012 godini—u KOBSON-u nema podataka za 2013. godinu) (DOI: 10.1155/2014/894546)

Категорија M23:

1. B. Reljin, **M. Paskaš**, I. Reljin, K. Konstanty, "Breast cancer evaluation by fluorescent dot detection using combined mathematical morphology and multifractal techniques", *Diagnostic Pathology*, vol. 6 (S1): S21, pp. 1-6, 2011. ISSN 1746-1596 (**IF=1,638** u 2012 godini) (DOI:10.1186/1746-1596-6-S1-S21)

Категорија M33:

1. **M. Paskaš**, B. Reljin, I. Reljin, D. Dujković, "Edge preserved low-pass filtering controlled by local dimension", *Proceedings of 20th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)*, Bucharest, Romania, 2013, pp. 87-90. (ISBN: 978-1-4799-0941-4)
2. **M. Paskaš**, A. Gavrovska, M. Milivojević, B. Reljin, "Image analysis using modified multifractal measure based on sigmoid function", *Proceedings of 11th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL)*, Belgrade, Serbia, 2012., pp. 193-196. (ISBN: 978-1-4673-1569-2)
3. **M. Paskaš**, A. Gavrovska, D. Jevtić, M. Slavković, B. Reljin, "Edge examination using Hölder exponent and image statistics", *Proceedings of 10th International Conference on Telecommunication in Modern Satellite Cable and Broadcasting Services (TELSIKS)*, Niš, Serbia, 2011, vol. 1, pp. 329-332. (ISBN: 978-1-4577-2018-5)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Милорада Паскаша под насловом „Сегментација објеката у слици на основу анализе мултифракталних спектра“ даје оригиналан научни допринос у области класификације, сегментације и адаптивног филтрирања дигиталних слика. Кандидат је приказао висок степен способности за самостално научно истраживање. Предложена је генерализација монофракталне методе прекривача, која се уобичајено користи, на мултифрактални случај. Овај се предлог показао оправданим, што доказују резултати презентовани у докторској дисертацији. Мултифрактални приступ искоришћен је на оригиналан начин за адаптивно филтрирање дигиталних слика, при чему се за очување ивица у слици по први пут користе матрице локалних димензија. Предложени поступци су поновљиви и могу да се искористе у многим применама, као што су обрада природних и медицинских слика, форензици и индустрији. Резултати објављени у докторској дисертацији верификовани су објављивањем научних радова у међународним часописима са *SCI* листе и излагањем на међународним и домаћим научним скуповима.

На основу изложеног, Комисија констатује да је кандидат Милорад Паскаш, дипломирани инжењер електротехнике, испунио све услове предвиђене Законом о високом образовању Републике Србије, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом „Сегментација објеката у слици на основу анализе мултифракталних спектра“ кандидата Милорада Паскаша прихвати, изложи на увид јавности и упути Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду на коначно усвајање и давање одобрења да се приступи усменој одбрани.

Београд, 02.07.2014.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Ирини Рељин, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Миодраг Поповић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Драган Кандић, редовни професор
Универзитет у Београду – Машински факултет

др Миомир Мијић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

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