

НАЗИВ ФАКУЛТЕТА: Факултет техничких наука

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

*Кандидат:*

Мр Слободан Дражић

*Наслов дисертације:*

“Shape Based Methods for Quantification and Comparison of Object Properties from Their Digital Image Representations “

**I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ**

1. Датум и орган који је именовao комисију:

30.08.2018, декан Факултета техничких наука на основу одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду.

2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:

1. Председник: Др **Татјана Давидовић**, научни саветник, рачунарство, 26.04.2018, Математички институт САНУ, Београд
2. Члан: Др **Љиљана Теофанов**, ванредни професор, примењена и теоријска математика, 01.12.2014, ФТН, Нови Сад
3. Члан: Др **Лидија Чомић**, доцент, примењена и теоријска математика, 08.07.2014, ФТН, Нови Сад
4. Ментор: Др **Јоаким Линдبلاد**, истраживач, рачунарска обрада слика, 01.10.2015, Универзитет Упсала, Шведска
5. Ментор: Др **Тибор Лукић**, ванредни професор, примењена и теоријска математика, 07.06.2017, ФТН, Нови Сад

## II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1. Име, име једног родитеља, презиме:  
**Слободан Драгомир Дражић**
2. Датум рођења, општина, држава:  
19.07.1981, Зрењанин, Србија
3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив:  
Факултет техничких наука, Нови Сад, Математика у техници,  
Мастер инжењер примењене математике
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:  
2012. година, Математика у техници.
5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:  
Факултет техничких наука, Анализа облика, Математика, 14.09.2010. године.
6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:  
Математика

## III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Shape Based Methods for Quantification and Comparison of Object Properties from Their Digital Image Representations**

(срп: Методе засноване на облику за квантитативни опис и поређење облика објеката приказаних дигиталним сликама)

## VI ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација је написана на енглеском језику. Садржи 126 страна и структурирана је у 5 поглавља. Дисертација садржи 136 референци, 59 слика, 15 графикона и 5 табела. На почетку тезе дата је кључна документацијска информација са изводима и основним подацима о дисертацији на српском и енглеском језику. Након кључне документације дат је резиме дисертације на српском језику.

## V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Наслов** предложене докторске дисертације јасно и прецизно одражава предмет истраживања.

У **првом поглављу**, након кратког историјског осврта на развој дигиталне обраде слике и описа модела дигиталне слике који се у тези користи, јасно је изложена потреба за истраживањем, дефинисани су предмет, проблеми, хипотеза и циљ истраживања, описане су методе које се користе и дат је кратак преглед дисертације. Предмет и проблеми истраживања су актуелни, а хипотеза и циљ добро постављени. Одабир метода које се користе заснован је на оригиналним идејама.

У **другом поглављу** дат је теоријски увод у истраживање. Наведене су дефиниције појмова и математички модели који се у тези користе. Кључни појмови и модели су детаљније размотрени, са фокусом на особине које су релевантне за истраживање. Дат је преглед владајућих ставова и схватања у литератури у подручју истраживања. Преглед је концизан и релевантан за изложену потребу за истраживањем.

У **трећем и четвртном поглављу** представљени су оригинални резултати тезе.

Треће поглавље је мотивисано недовољном прецизношћу и тачношћу досадашњих оцена Фереовог дијаметра објеката на основу дигиталних слика у реалним применама. Проблем је посебно наглашен при малим просторним резолуцијама приликом добијања слике. Као решење проблема разматра се коришћење информације о покривености сваког пиксела објектом. Информација је изражена сивим вредностима дигиталне слике и стоји наспрот бинарним сликама на којима се заснивају постојеће, класичне, методе за оцену Фереовог дијаметра. Предложена је нова метода за оцену Фереовог дијаметра у оквиру постојећег теоријског модела који изражава до које мере је сваки пиксел покривен обликом. Теоријски је размотрена максимална апсолутна грешка класичних метода и као резултат дат интервал ком апсолутна грешка припада при датој просторној резолуцији. На основу тог резултата изведена је брзина конвергенције класичних метода ка тачној вредности са повећањем резолуције. Доказано је да је грешка новог, предложеног метода увек ненегативна за дати облик, а да је ограничена одозго грешком која се достиже за круг чији је полупречник једнак реципрочној вредности максималне закривљености дуж руба тог облика. Ово омогућава анализу максималне апсолутне грешке предложене методе посматрањем кругова за које се може израчунати колику површину пиксела покривају будући да је круг дат својим аналитичким изразом, а пиксели координатама у дигиталној решетки. Статистичком анализом грешке на великом експерименталном узорку кругова изведена је максимална апсолутна грешка за дати облик чија је максимална кривина дуж руба позната. Знајући максималну вредност грешке и да је она позитивна, коригована је оцена Фереовог дијаметра предложеном методом. На тај начин је смањена максимална апсолутна грешка предложене методе, а истовремено је оцена боље центрирана око нуле. Изведен је израз за брзину конвергенције кориговане методе ка тачној вредности у зависности од просторне резолуције. Коригована метода је упоређена са методом која се заснива на покривености пиксела, без корекције, и са класичним методама на великом броју синтетички генерисаних и реалних слика. Експериментални узорци одабрани су тако да нису чврсто везани само за неке, конкретне, реалне примене анализе облика, већ се резултати могу проширити на све реалне примене у којима се Фереов дијаметар користи. Узорци су довољно великог обима да омогуће поуздане закључке и генерализацију резултата. Разматрања, математички модели и експериментална евалуација су у складу са постављеном хипотезом, циљем и предметом истраживања.

Четврто поглавље мотивисано је недовољном осетљивошћу морфолошких растојања на релевантне податке дигиталних слика. Постојећа морфолошка растојања заснивају се на равним, ригидним структурним елементима. Дефинисана на тај начин, морфолошка растојања дефинисана за бинарне слике су превише осетљива на аномалије на слици, а морфолошка растојања дефинисана за сиве слике не могу се израчунати за многе парове слика и неосетљива су на релевантне промене особина облика објекта. Проблем осетљивости на аномалије на слици је добро познат у литератури, а у овом поглављу је представљен кроз илустративне теоријске и практичне примере. Проблем израчунавања морфолошких растојања за сиве слике је детаљно размотрен. Потребан и довољан услов за израчунавање ових морфолошких растојања је формализован у теорему. На теоријским илустративним примерима је размотрено када се значајно могу мењати особине објеката који се упоређују коришћењем растојања, а да се вредност растојања не мења. Имајући у виду све размотрене недостатке, предложена су нова морфолошка растојања која се заснивају на адаптивним структурним функцијама. Детаљно је илустрован начин израчунавања предложених морфолошких растојања и на тај начин описано како се њиховим коришћењем могу отклонити описани недостаци морфолошких растојања и како се предложена растојања могу прилагодити особинама облика избором структурне функције. Предложена морфолошка растојања су упоређена са постојећим морфолошким и другим, често коришћеним, растојањима у дигиталној обради слике на великом броју синтетичких и реалних слика. Експериментални узорци одабрани су тако да илуструју могућност прилагођавања морфолошких растојања особинама облика у неким, конкретним, реалним применама, али се закључци могу пренети на много већи број ситуација у којима је од значаја да растојање прати само неке, одређене, промене облика који се упоређују. Разматрања, математички модели и експериментална евалуација су у складу са постављеном хипотезом, циљем и предметом истраживања.

**Пето поглавље** садржи закључну дискусију о приказаним резултатима и детаље о актуелним и могућим даљим правцима истраживања.

#### **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

[1] S. Dražić, J. Lindblad, and N. Sladoje. Precise estimation of the projection of a shape from a pixel coverage representation. In Proceedings of International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis, IEEE , pp. 569-574, 2011. (M33)

[2] S. Dražić, J. Lindblad, and N. Sladoje. Estimation of Feret's diameter from pixel coverage representation of a shape, Pattern Recognition Letters, Elsevier, Vol. 80, pp. 37-45, 2016. (M22)

[3] S. Dražić. Advanced morphological distances based on dilation and erosion. Fundamenta Informaticae, IOS Press, accepted. (M23)

#### **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Фокус тезе је на унапређењу метода за поређење објеката на основу информације о њиховом облику садржане у одговарајућим дигиталним сликама. Размотрена су два проблема релевантна за поређење објеката представљених дигиталним сликама: квантификација особина облика и поређење

комплетних дигиталних података који представљају облик.

Резултати дати у Поглављу 3 показују да теоријски оквир и практичне методе развијене за коришћење покривености пискела објектом могу да се користе да би се превазишли проблеми везани за прецизност и тачност оцене Фереовог дијаметра објекта на основу дигиталних слика. Метоа за оцену Фереовог дијаметра представљена у тези значајно смањује максималну апсолутну грешку оцене у поређењу са класичним методама које се заснивају на бинарним сликама. Супериорност предложене методе показана је експериментално на великом броју синтетички генерисаних и реалних слика. Предложена метода брже конвергира ка тачној вредности са повећањем просторне резолуције, у односу на класичне методе. Максимална апсолутна грешка оцене Фереовог дијаметра синтетички генерисаних елипси различитих величина и положаја у дигиталној решетки смањена је у просеку 174 пута. За микроскопске слике хелија снимљених при малој резолуцији, средња квадратна грешка је смањена 5.95 пута у просеку. Предложена метода даје бољу оцену при најмањој посматраној резолуцији него класична метода при највећој посматраној резолуцији. Посебан значај добијених резултата је у томе што се Фереов дијаметар може користити за израчунавање великог броја дескриптора који се користе у анализи облика. Класични дијаметар, обим и издуженост су само неки од њих.

Растојања предложена у Поглављу 4 представљају значајан корак у прилагођавању растојања геометријским особинама облика. Она разрешавају проблем осетљивости на аномалије који је карактеристичан за постојећа морфолошка растојања дефинисана за бинарне слике. Такође, разрешавају и проблем неосетљивости на значајне промене објекта, који карактерише постојећа морфолошка растојања дефинисана за сиве слике. Доказана је и теорема која даје јасан услов за које парове слика се постојећа морфолошка растојања дефинисана за сиве слике могу израчунати, а за које не. Предложена морфолошка растојања имају далеко већу могућност прилагођавања особинама облика објекта избором структурног елемента него било које постојеће морфолошко растојање. Експериментално истраживање на великом броју синтетичких и реалних слика показало је да су предложена морфолошка растојања супериорна у односу на постојећа. Такође, њихове добре особине приказане су на илустративним примерима. Посебан значај добијених резултата огледа се у томе што су растојања основни, најстарији алат који се користи у готово свим областима дигиталне обраде слике.

### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Дисертација је написана концизно и систематично. Унапређење метода представљено у дисертацији је резултат детаљног истраживања примене савремених математичких модела на постојеће, реалне проблеме. Теоријски закључци су јасно формулисани и значајни су за велики број актуелних практичних проблема. Сви теоријски закључци су потврђени релевантним експерименталним истраживањем. Коментари и интерпретација експерименталних резултата су коректни и јасни.

Текст ове дисертације је од стране Библиотеке Факултета техничких наука у Новом Саду службено проверен на подударност, користећи софтвер за детекцију плагијаризма *iThenticate*. Резултати те провере су разматрани од стране свих чланова комисије. Комисија сматра да је степен подударности очекиван и занемарив.

Извештај о подударности је расположив у Библиотеци Факултета техничких наука у Новом Саду.

**IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Докторска дисертација нема недостатака који битно утичу на коначан резултат истраживања.

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

- да се докторска дисертација прихвати, а кандидату, мр Слободану Дражићу, одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

-----

Др Татјана Давидовић, научни саветник

---

Др Љиљана Теофанов, ванредни професор

---

Др Лидија Чомић, доцент

---

Др Јоаким Линдблад, истраживач

---

Др Тибор Лукић, ванредни професор