

НАЗИВ ФАКУЛТЕТА ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију 28.03.2019. године, Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду</p> <p>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:</p> <p>1. др Силвиа Гилезан, редовни професор, Теоријска и примењена математика, 24.02.2005., Факултет техничких наука, Нови Сад, Председник комисије</p> <p>2. др Бранислав Боровац, редовни професор, Мехатроника, роботика и аутоматизација и интегрисани системи, 13.03.1998., Факултет техничких наука, Нови Сад, Члан</p> <p>3. др Мирјана Ђорић, редовни професор, Геометрија, 14.07.2010., Математички факултет, Београд, Члан</p> <p>4. др Тибор Лукић, ванредни професор, Теоријска и примењена математика, 7.06.2017., Факултет техничких наука, Нови Сад, Члан</p> <p>5. др Лидија Чомић, доцент, Теоријска и примењена математика, 8.07.2014., Факултет техничких наука, Нови Сад, Члан</p> <p>6. др Небојша Ралевић, редовни професор, Теоријска и примењена математика, 30.09.2010., Факултет техничких наука, Нови Сад, Ментор</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Владимир, Мирослав, Илић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 10.02.1987., Бор, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Основне студије: Математички факултет, Универзитет у Београду, Професор математике и рачунарства, Дипломирани математичар, Мастер студије: Математички факултет, Универзитет у Београду, Математика, Мастер математичар</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2010. Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Математика у техници</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>Application of new shape descriptors and theory of uncertainty in image processing</p> <p>Наслов докторске дисертације на српком језику: Примена нових дескриптора облика и теорије неодређености у обради слике</p>

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

Докторска дисертација је изложена у осам поглавља, и има следећу структуру:

1. Увод
 2. Теорија фази скупова
 3. Трансформације засноване на растојању
 4. Трансформације засноване на еуклидском растојању са под-вокселском прецизношћу у три димензије
 5. Шестоугаоност као нови дескриптор објекта заснован на облику
 6. Сигнатура облика користећи репрезентацију покривености пиксела
 7. Фази квадратност: нови приступ описивања облика
 8. Закључне напомене и правци даљег истраживања
- Библиографија (списак коришћене литературе)

Дисертација је написана на енглеском језику и изложена на 209 страна формата Б5. Дисертација садржи 185 референци, 61 слику и графиконе, и 11 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 извод тезе на енглеском језику, проширени извод на српском језику, садржај, наведена поглавља и на крају преглед коришћене литературе.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Наслов дисертације:

Application of new shape descriptors and theory of uncertainty in image processing
/ Примена нових дескриптора облика и теорије неодређености у обради слике.

Комисија сматра да је наслов дисертације јасно формулисан, и сажето дефинише тематику и садржај саме дисертације.

У **првом поглављу** дисертације кандидат је јасно описао предмет истраживања, представио основну мотивацију за избор наведене теме докторске дисертације, као и потребу за проучавањем и применом нових дескриптора облика и теорије неодређености, посебно теорије фази скупова у различитим задацима обраде слике и анализе облика. У складу са одабраном темом дисертације дефинисани су предмет, проблем и циљ истраживања. Предмет истраживања је актуелан и јасно је описан. Укратко је представљен и кратак преглед досадашњих резултата и изазова који ће бити обухваћени и на одговарајући начин третирани у дисертацији. Поред тога, аутор такође представља структуру дисертације и извршених истраживања. Комисија сматра да су предмет и циљ истраживања дефинисани јасно и концизно.

Друго поглавље описује одређене теоријске, то јест математичке концепте који ће бити од посебног значаја у једном делу представљеног истраживања, као што су теорија фази скупова и модел дигитализације заснован на покривености елемената слике као посебаном случају концепта фази дигитализације. У поглављу су сумирани изазови и мотивација за примену теорије фази скупова у задацима обраде и анализе слике, са посебним освртом на појмове и термине који ће се користити у дисертацији. С тим у вези, у поглављу је представљена репрезентација слике заснована на делимичној покривености елемената слике која се добија као резултат одговарајуће дигитализације оригиналне слике. Вредност интензитета додељен сваком елементу слике у таквој репрезентацији коришћена је у четвртм и шестом поглављу у циљу побољшања перформанси трансформације тродимензионалне слике еуклидским растојањима (ЗД ЕДТ) и оцене сигнатуре облика засноване на растојању од центроида непрекидног дводимензионалног облика на основу његове дискретне (то јест дигиталне) репрезентације. Поглавље такође уводи неколико важних појмова који ће бити коришћени у седмом поглављу неопходних за дефинисање новог дескриптора фази облика и њему придружене мере која оцењује колико је фази квадратан дати фази облик.

У **трећем поглављу** представљен је концепт трансформација заснованих на растојању (ДТ) у обради слике како са теоријске тако и са експерименталне тачке гледишта, као и већина алгоритама за израчунавање неопходних растојања који су до сада објављени у литератури. Алгоритми су представљени на систематичан и потпуно природан начин, почевши од најједноставнијих до оних

сложенијих, пружајући читаоцу могућност бољег разумевања основне идеје и мотивације која стоји иза сваког од разматраних алгоритама. Поред тога, за сваки од посматраних ДТ алгоритама представљен је и одговарајући псеудо-код, као и илустрација њихове имплементације, рачунске сложености, горњих ограничења одговарајућих одступања у односу на тачна еуклидска растојања, итд. Применљивост и предности неколико проучаваних ДТ алгоритама илустровани су у различитим задацима обраде слике који су приказани на крају поглавља.

Четврто поглавље описује како се значајно побољшање перформанси 3Д ЕДТ може постићи ако се користи репрезентација слике засноване на покривености воксела. У таквој репрезентацији, вредност интензитета додељена сваком вокселу тродимензионалне слике користи се за оцену позиције границе објекта унутар воксела са под-вокселском прецизношћу. Таква оцењена позиција објекта унутар воксела се даље може користити за побољшање оцена различитих 3Д ЕДТ алгоритама. У овом поглављу су дефинисана два нова алгорита линеарне сложености за оцену 3Д ЕДТ са под-вокселском тачношћу. Сва теоријска запажања и резултати који се односе на извођење два предложена алгорита у три димензије детаљно су разрађени у поглављу. На крају поглавља је представљена и експериментална евалуација побољшања перформанси предложених алгоритама у смислу смањене варијансе у односу на ротацију и транслацију, као и повећане тачности и прецизности оцењених еуклидских растојања.

Пето поглавље уводи нову меру облика која одређује колико је дати облик шестоугани. Уведена мера има неколико пожељних особина које свака добро дефинисана мера облика треба да задовољи. Поменимо само неколико њих: 1) нова мера шестоугаоности узима вредности из интервала $(0, 1]$; 2) она је достиже највећу могућу вредност 1 ако и само ако је разматрани облик шестоугао; 3) нова мера облика је природно дефинисана и теоријски добро заснована; 4) инваријантна је у односу на трансформације сличности, то јест ротацију, транслацију, и скалирање облика; 5) добијени резултати одговарају људској перцепцији и интуицији. Нова мера пружа такође неколико корисних последица чије су особине теоријски и експериментално разматране. С тим у вези, имамо нову методу за оцену оријентације облика која је одређена правцем који оптимизује нову меру шестоугаоности, као и нову меру издужености облика дефинисану као количник дужина полуоса одговарајућег придруженог шестоугла. Бројни експерименти и примери дати су у овом поглављу како би се илустровале карактеристике и понашање уведених мера облика. Поглавље такође садржи и задатке класификације изведених на неколико добро познатих и најчешће разматраних база слика и објеката у циљу илустрације ефикасности и предности предложених мера облика.

Шесто поглавље предлаже нову итеративну методу за оцену сигнатуре облика засноване на растојању од центроида која користи информације о покривености пиксела које су садржане у одговарајућој репрезентацији облика. Предложени метод оцењује у свакој итерацији позицију објекта унутар граничног пиксела са под-пикселском прецизношћу, која се затим користи за побољшање оцене саме сигнатуре у наредној итерацији. Предложени алгоритам је јасно и сажето представљен, са посебним освртом на потребне претпоставке, као и правце побољшања саме оцене сигнатуре. Статистичка евалуација предложеног алгорита у односу на неколико до сада проучаваних алгоритама за оцену сигнатуре такође је представљена у овом поглављу. У том смислу, добијени резултати потврђују значајна побољшања у смањивању пристрасности и варијансе оцењене сигнатуре, повећане робустности у односу на шум, као и смањеног одступања у односу на транслацију и ротацију облика који је од интереса.

Седмо поглавље следи исти концепт као и пето поглавље, али сада у случају нове мере која оцењује у ком обиму је посматрани фази облик фази квадрат. Нова мера фази квадратности је интуитивно јасно дефинисана и теоријски добро заснована, што резултира тиме да се њено понашање може разумети и предвидети у одређеној мери пре извршавања било какве евалуације. Сва својства нове мере фази облика су теоријски доказана и оцењена кроз различите експерименте и примере у циљу илустрације њеног понашања и верификације доказаних особина. Нова мера показала се врло корисном у разним задацима класификације објеката користећи само неколико прилично једноставних дескриптора облика. Разматрани експерименти класификације изведени су на неколико база слика које су до сада врло интензивно проучаване у различитим истраживањима од стране других аутора. Посебна пажња у поглављу је посвећена одговарајућој дискусији и

коментарима који се односе на поређења резултата нове мере фази квадратности са резултатима добијеним применом нове мере шестоугаоности која је представљена у петом поглављу.

Поглавље осам сумира закључке истраживања и даје кратак преглед оригиналних резултата представљених у дисертацији. Поглавље такође представља потенцијалне правце и идеје за будућа истраживања. С обзиром на циљ и веома активан правац истраживања представљеног у дисертацији, одређена отворена питања за будући рад односе се на даљи развој предложених, као и дефинисање нових дескриптора облика како са теоријског тако и са аспекта примене у различитим областима математике и инжењерства. Ово последње проилази из чињенице да у различитим применама и задацима постоји све већа потреба за проучавањем нових дескриптора облика и дизајнирањем нових метода за њихову евалуацију. У том смислу теорија неодређености заједно са анализом облика пружа један прилично широк и веома моћан оквир у коме је дескрипторе облике могуће на различите начине дефинисати а затим и математички ваљано евалуирати.

Комисија сматра да су тема и циљеви истраживања представљени у дисертацији актуелни и као такви омогућавају достизање значајних научних резултата.

Литература садржи 185 прегледно систематизованих библиографских навода. Комисија сматра да је литература адекватно одабрана, и да одговара тематици и циљевима дисертације.

На основу изложеног, Комисија позитивно оцењује све делове докторске дисертације.

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

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

1. **Њић, V.**, Lindblad, J., Sladoje, N.: Precise Distance Transforms in 3D From Voxel Coverage Representation. Pattern Recognition Letters 65(1), 184-191, 2015 (M22)
2. **Њић, V.**, Lindblad, J., Sladoje, N.: Signature of a Shape Based on Its Pixel Coverage Representation. In Proceedings of the 19th IAPR International Conference on Discrete Geometry for Computer Imagery, DGCI 2016, Nantes, France, April 2016, Lecture Notes in Computer Science, vol. 9647, pp. 181-193, Springer, Cham, 2016 (M33)
3. **Њић, V.**, Doroslovački, R., Žunić, J.: Više-komponentni oblici i njima pridružene numeričke karakteristike. In Proceedings of the Scientific Conference with International Participation ETIKUM, Novi Sad, Serbia, December 2017, pp. 69-72 (M63)
4. Žunić, J., Rosin, P.L., **Њић, V.**: Disconnectedness: A New Moment Invariant for Multi-Component Shapes. Pattern Recognition 78, 91-102, 2018 (M21a)
5. **Њић, V.**: Distance Transforms and Their Applications in Robot Navigation. In Proceedings of the Third Conference on Mathematics in Engineering: Theory and Applications, META 2018, Novi Sad, Serbia, May 2018, pp. 92-97 (M63)
6. Đurić, I., **Њић, V.**, Ralević, M.N.: Deskriptori oblika i njihova primena u analizi elemenata klasičnog arhitektonskog stila. In Proceedings of the 12th International Scientific Conference ETIKUM, Novi Sad, Serbia, December 2018, pp. 201-204 (M33)
7. Ralević, M.N., **Њић, V.**: Fuzzy Approach to Studying Shapes. In Proceedings of the 4th Conference on Mathematics in Engineering: Theory and Applications, META 2019, Novi Sad, Serbia, May 2019, pp. 53-58. (M63)
8. Đurić, I., **Њић, V.**, Ralević, M.N.: Shape descriptors applied to the analysis of different types of the engineering elements. Journal of Production Engineering 22(1), 29-34, 2019 (M52)

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У дисертацији су јасно и концизно представљени оригинални доприноси и резултати истраживања који се односе на примену нових дескриптора облика и теорије неодређености у обради слике.

Оригинални доприноси и резултати могу се природно поделити у две групе, у складу са примењеним методологијама за добијање научних резултата којих се кандидат придржавао током спроведеног истраживања. Представљени доприноси, као и њихове међусобне везе и преклапања, јасно су илустровани и дискутовани у дисертацији.

Прва група оригиналних резултата представљена је у четвртном и шестом поглављу и односи се на дефинисање и математичко извођење нових метода за оцену трансформације тродимензионалне слике еуклидским растојањима са под-вокселском прецизношћу, као и новог алгорита за оцену сигнатуре дводимензионалног облика засноване на растојању од центроида облика која користи информације о релативној покривености пиксела слике обликом који разматрамо. У овој репрезентацији слике, вредност интензитета додељена сваком елементу слике пропорционална је његовој релативној покривености непрекидним објектом. У дисертацији је представљено како се такве информације доступне у слици могу користити за прецизну оцену позиције објекта унутар елемента слике. Такође је показано како овако оцењена под-елементна позиција објекта обезбеђује побољшања горе наведених техника и алата у обради слике. Постигнута побољшања укључују смањивање пристрасности и варијансе оцена, повећану инваријантност у односу на ротацију и транслацију, као и повећану робустност у односу на шум чије се присуство на слици у већини случајева не може избећи услед несавршености уређаја, као и услова за снимање.

Друга група оригиналних доприноса представљена је у петом и седмом поглављу и односи се на увођење нових дескриптора облика и придружених метода за њихово нумеричко вредновање. У том смислу, уведена су два нова оригинална дескриптора облика као што су шестоугаоност и фази квадратност, и представљене методе за њихову нумеричку евалуацију које би требале да дефинишу у ком обиму посматрани облик задовољава разматрано својство. У тези је разматрана већина основних и у применама прилично пожељних својстава уведених дескриптора и њима придружених мера како са теоријског тако и са емпиријског становишта. Сви уведени дескриптори су природно дефинисани, математички добро засновани, и задовољавају већину пожељних својстава које сваки добро дефинисани дескриптор облика треба да задовољава. Овакво својство уведених дескриптора је са аспекта примене веома пожељно, с обзиром да се тада њихово понашање може ваљано разумети и такође предвидети унапред у одређеној мери. Ово последње је од посебне важности у задацима анализе објеката на основу њиховог облика где је унапред, пре извршавања одређеног задатка анализе, могуће предвидети како ће се добијени резултати понашати и каква ће бити њихова тенденција, у контексту информација о дескриптору облика који је укључен у разматрање.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

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

Кандидат Владимир Илић је у потпуности обавио сва неопходна истраживања која су била предвиђена планом датим у пријави докторске дисертације. Целокупан приказ дисертације је прегледан и јасно структуриран. Оригинални резултати представљени у дисертацији су јасно формулисани, теоријски добро засновани, детаљно и систематично интерпретирани, логички повезани у смислену целину и илустровани многобројним примерима погодним за примену у обради слике, анализи и препознавању облика. У дисертацији је представљен и велики број различитих експеримената и примера у циљу лакшег разумевања оригиналних резултата дисертације, њихове експерименталне евалуације и потврђивања теоријски доказаних особина. Велики број експеримената извршених на добро познатим, и у литератури најчешће разматраним базама слика и објеката, као и значајан број графичких илустрација, графикона и табела указују да кандидат добро познаје и разуме актуелно стање у области обраде слике и анализе облика, поседује завидно математичко знање из неколико различитих области, као и способност за самостални научни рад и синтезу научних резултата. Такође су наведени и добро познати резултати у области истраживања од стране других аутора, уз одговарајући преглед релевантне литературе. У складу са наведеним, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

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.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ 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 у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.
2.	Да ли дисертација садржи све битне елементе Дисертација садржи све битне елементе научно-истраживачког рада прописаним Статутом Факултета техничких наука и Универзитета у Новом Саду.
3.	По чему је дисертација оригиналан допринос науци Оригинални допринос науци у овој дисертацији представљају нови теоријски резултати у области истраживања, као и експериментални резултати примене у анализи облика и обради слике.
4.	Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања Дисертација нема недостатака који би утицали на резултате истраживања и квалитет саме докторске дисертације
X ПРЕДЛОГ:	
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:	
да се докторска дисертација прихвати, а кандидату Владимиру Илићу одобри одбрана	

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Силвиа Гилезан, редовни професор, председник

др Бранислав Боровац, редовни професор, члан

др Мирјана Ђорић, редовни професор, члан

др Тибор Лукић, ванредни професор, члан

др Лидија Чомић, доцент, члан

др Небојша Ралевић, редовни професор, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.