

28.06.2013. године
Београд,

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука
Београд
Студентски трг бр 1

У прилогу дописа достављамо извештај комисије о оцени завршене докторске дисертације кандидата Милоша Миловановића, са пратећом документацијом.

Докторска дисертација и извештај комисије о оцени завршене докторске дисертације кандидата Милоша Миловановића стављени су на увид јавности и у предвиђеном року није било примедби на изложену докторску дисертацију.

С поштовањем,

Секретар факултета

Гордана Алексић Славински, дипл. Правник

Факултет организационих наука

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

04-03-11/

(Број индекса)

Веће научних области техничких наука
(назив стручног већа коме се захтев упућује, сходно чл
75. Статута Универзитета у Београду и чл.7. ст.
1. овог Правилника)

28.06.2013. године

(Датум)

Београд
Студентски трг бр.1

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на извештај о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 68. ст. 3. Закона о универзитету («Службени гласник РС» бр. 20/98), дате сагласности на Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата

Милоша (Мирослав) Миловановића

(име, име једног родитеља и презиме)

Кандидат Милош (Мирослав) Миловановић пријавио је докторску дисертацију под називом:

(име, име једног родитеља и презиме)

Примена CBIR техника у биометријској идентификацији особа на основу хода

Универзитет је дана 04.02.2013. године својим актом под 06-419/27-13 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила

Примена CBIR техника у биометријској идентификацији особа на основу хода

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милоша (Мирослав) Миловановића

(име, име једног родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној 17.04.2013. године, одлуком Факултета под 3/57-9 у саставу:

име и презиме члана комисије	звање	научна област
1. др Душан Старчевић	ред. проф. ФОН-а	информационе технологије
2. др Мирослав Миновић	доцент ФОН-а	информационе технологије
3. др Зоран Јовановић	ред. проф. ЕТФ-а	рачунарска техника и информатика

Наставно-научно веће Факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 28.06.2013. године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Прилог:

1. Извештај Комисије са предлогом,
2. Акт Наставно-научног већа Факултета о усвајању Извештаја,
3. Примедбе дате у току стављања Извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било.

Проф. др Милан Мартић

Поводом предлога Већа студијског програма докторских академских студија, а на основу члана 56. Статута Факултета, на седници Наставно-научног већа одржаној 28.06.2013. године, једногласно је донета следећа

О Д Л У К А

Усваја се Извештај Комисије за оцену завршене докторске дисертације кандидата докторских студија Милоша Миловановића, под насловом »ПРИМЕНА *CBIR* ТЕХНИКА У БИОМЕТРИЈСКОЈ ИДЕНТИФИКАЦИЈИ ОСОБА НА ОСНОВУ ХОДА«. После истека увида јавности Извештај Комисије за оцену завршене докторске дисертације кандидата Милоша Миловановића, шаље се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Председник Наставно научног већа

Проф. др Милан Мартић

Доставити:

- Стручном сараднику за ПДС
- Вишем референту органа управљања и стручних органа
- Архиви

Поводом предлога Већа студијског програма докторских академских студија, а на основу члана 56. Статута Факултета, на седници Наставно-научног већа одржаној 15.5.2013. године, једногласно је донета следећа

ОДЛУКА

Прихвата се Извештај Комисије за оцену завршене докторске дисертације кандидата Милоша Миловановића, под насловом »ПРИМЕНА CBIR ТЕХНИКА У БИОМЕТРИЈСКОЈ ИДЕНТИФИКАЦИЈИ ОСОБА НА ОСНОВУ ХОДА« и даје се на увид јавности.

На Наставно-научном Већу 06.03.2013. године одобрена је израда докторске дисертације кандидата Милоша Миловановића под називом »ПРИМЕНА CBIR ТЕХНИКА У БИОМЕТРИЈСКОЈ ИДЕНТИФИКАЦИЈИ ОСОБА НА ОСНОВУ ХОДА« на основу добијене Одлуке Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације од 04.02.2013. године, број: 06-419/27-13. Кандидат Милош Миловановић је објавио следеће радове који га квалификују да може да одбрани докторску дисертацију:

1. Miloš Milovanović, Miroslav Minović, Dušan Starčević, "Walking in colors: Human gait recognition using Kinect and CBIR", *IEEE Multimedia*, DOI: 10.1109/MMUL.2013.16, 2013 (preprint), IF 2011 0.438, IF (петогодишњи) 0.994
2. Miloš Milovanović, Miroslav Minović, Dušan Starčević, "Interoperability Framework for Multimodal Biometry: Open Source in Action", *Journal of Universal Computer Science*, DOI: 10.3217/jucs-018-11-1558, Vol 18, No 11, pp 1558-1575, 2012, IF 2011 0.389, IF (петогодишњи) 0.489
3. Miroslav Minović, Miloš Milovanović, Dušan Starčević, "Learning Object Repurposing for Various Multimedia Platforms", *Multimedia Tools and Applications*, DOI: 10.1007/s11042-011-0964-1 Vol 63, No 3, pp 927 – 946, 2013, IF 2011 0.617, IF (петогодишњи) 0.702

Председник Наставно научног већа

Проф. др Милан Мартић

Доставити:

- Стручном сараднику за ПДС
- Секретару органа управљања и стручних органа
- Архиви

НАУЧНО-НАСТАВНОМ ВЕЋУ

Одлуком Научно-наставног већа Факултета именовани смо у комисију за оцену завршене докторске дисертације Милоша Миловановића, под насловом „Примена CBIR техника у биометријској идентификацији особа на основу хода“ и по том основу подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Наслов и обим дисертације

Наслов дисертације је: „Примена CBIR техника у биометријској идентификацији особа на основу хода“.

Дисертација је обима од 134 странице, садржи 75 слика и графичких приказа, 1 табелу и 159 литературних навода.

1.2. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Милош Миловановић је уписан на докторске студије на Факултету организационих наука 2009. године. Пошто је положио све испите предвиђене наставним планом и програмом, Милош Миловановић је пријавио приступни рад за израду докторске дисертације 22.05.2012. Комисија за оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације формирана је 30.05.2012. бр. 3/64-17. Кандидат је приступни рад одбранио 04.12.2013. Одлука о усвајању извештаја Комисије о научној заснованости пријављене докторске дисертације донета је 16.12.2012. бр. 3/155-13. Одлуком Универзитета у Београду од 04.02.2013. бр. 06-419/27-13 даје се сагласност на предлог теме докторске дисертације Милоша Миловановића под називом „Примена CBIR техника у биометријској идентификацији особа на основу хода“. Одлуком Наставно-научног већа ФОН-а од 06.03.2013. бр 3/32-13 одобрена је израда докторске дисертације, а за ментора је именован проф. др Душан Старчевић, редовни професор ФОН-а. Ментор је 15.04.2013. известио Наставно научно веће ФОН-а да је Милош Миловановић завршио израду докторске дисертације. Наставно научно веће ФОН-а је именovalo Комисију за оцену завршене докторске дисертације 17.04.2013. бр 3/57-9.

1.3 Место дисертације у одговарајућој научној области

Предмет дисертације је предлог новог поступка за препознавање особа на основу хода. Централни проблем је проналажење таквог поступка за препознавање особа на основу хода у фронто-нормалним условима снимања који погодује технологијама за примотру.

Докторска дисертација припада области техничких наука и подручју организационих наука. Ужа научна област којом се бави дисертација су информационе технологије.

1.4 Биографски подаци о кандидату

Милош Миловановић је рођен 17.09.1983 у Београду. Завршио је XIII београдску гимназију 2002 године. Исте године уписује Факултет организационих наука Универзитета у Београду, смер Информациони системи, који завршава 2007. Године са просечном оценом 8,19. Мастер студије уписује 2007. године на Факултету организационих наука, смер Информациони системи и технологије. Као мастер студент учествује на *IBM Best Student Recognition Event*-у 2008. као један од најбољих мастер студената техничких факултета Универзитета у Београду. Током мастер студија се запошљава као сарадник у настави при Катедри за Информационе Технологије на Факултету организационих наука. Мастер студије завршава 2009. године са просечном оценом 10,0. Потом, исте 2009. године уписује докторске студије на Факултету организационих наука, на модулу Информациони системи. Током докторских студија 2010. године запошљава се на Факултету као асистент на катедри за Информационе технологије. На докторским студијама је положио све испите остваривши просечну оцену 10,0. За свој наставни рад континуирано је оцењиван од стране студената просечном оценом преко 4,20 на скали до 5. Од основних студија, као члан Лабораторије за мултимедијалне комуникације, активно учествује у научно-истраживачком раду, при чему је постигао значајне успехе. Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије је према научно-истраживачким достигнућима рангирало Милоша Миловановића у највишу Т1 категорију истраживача (15% најбоље рангираних истраживача) у Републици Србији.

Запослење

2007 – 2008 : Пројектант информационих система, БЕЛИТ - Belgrade Information Technologies

2008 – 2010 : Сарадник у настави, Универзитет у Београду, Факултет организационих наука, Катедра за информационе технологије

2010 – 2012: Асистент, Универзитет у Београду, Факултет организационих наука, Катедра за информационе технологије

Континуирана едукација

2008, Best Student Recognition Event, IBM Лабораторија, Цирих, Швајцарска

2009, Certified Scrum Master, Факултет организационих наука, Београд

2010 – 2011: Похађао и завршио CCNA (*Cisco Certified Network Associate*)

Учешће у пројектима

1. ЕУ пројекат: Life-Long Learning Programme: "[TRAILER – Tagging, Recognition and Acknowledgment of Informal Learning Experiences](#)", 519141-LLP-1-2011-1-ES-KA3-KAZMP, 2011 – 2013
2. Примена мултимодалне биометрије у менаџменту идентитета, Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, заводни број TP-32013, 2011–2014
3. Систем за учење на даљину, Банкарски сектор, једна од водећих комерцијалних банака у Србији, Београд, 2011
4. Систем за учење на даљину са модулом за видео конференције, Факултет организационих наука, Београд, 2010
5. DC процесор картица, Diners Club International Belgrade, Београд, 2008 – 2009
6. Систем за управљање пиновима, Diners Club International Belgrade, Београд, 2008 – 2009

7. Управљање интелектуалним капиталом – студија случаја Енергопројект Холдинг, Министарство науке и технолошког развоја Републике Србије, Београд, заводни број ТР-13028, 2008- 2010
8. Портал за јавне набавке, Развој и имплементација, БЕЛИТ, Београд, 2008 – 2009
9. Портал за јавне набавке, Идејни пројекат, Министарство науке и технолошког развоја Републике Србије (Управа за јавне набавке Републике Србије), Београд, 2007 – 2008

Наставно искуство

Основне студије: Основе информационо-комуникационих технологија, Рачунарске мреже и телекомуникације, Мултимедији, Мултимедијална продукција, Дистрибуирани рачунарски системи, Мобилно рачунарство, Дизајн корисничког интерфејса.

Мастер студије: Рачунарске мреже 2, Мобилно рачунарство – одабрана поглавља, Мултимедијалне базе података, Интеракција човек-рачунар, Мултимедијалне комуникације.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Милоша Миловановића, под насловом „Примена CBIR техника у биометријској идентификацији особа на основу хода” написана је на 134 стране и структурирана у 12 поглавља, као и дела који се односи на коришћену литературу. Структура дисертације је следећа:

1. Увод
2. Биометрија, биометријски системи и биометријске карактеристике
 - 2.1 Начин рада и евалуација биометријских система
 - 2.1.1 Упис
 - 2.1.2 Верификација
 - 2.1.3 Идентификација
 - 2.2 Биометријске карактеристике
3. Биометрија људског хода
 - 3.1 Препознавање на основу хода
 - 3.2 Приступи са а приори моделом (моделни приступи)
 - 3.3 Приступи без а приори модела (безмоделни приступи)
 - 3.4 Утицај угла снимања на постојеће приступе
 - 3.5 Утицај брзине и темпа хода на постојеће приступе
 - 3.6 Утицај одеће и асесоара на постојеће приступе
 - 3.7 Утицај луминга и оклузије на постојеће приступе
 - 3.8 Препознавању на основу хода претрагом слика на основу садржаја (CBIR)
 - 3.9 Сумарна критика постојећих приступа
4. Предлог решења за препознавање особа на основу хода
 - 4.1 Поступак предложеног решења и полазне хипотезе
 - 4.2 Архитектура предложеног решења
5. Аквизиција података о ходу
 - 5.1 Microsoft Kinect – нови уређај за интеракцију човек-рачунар
6. База биометријских података
 - 6.1 Модел базе података
7. Трансформација података из просторно-временског у домен непомичне 2D слике
 - 7.1 Генерички модел трансформације
 - 7.2 Модел трансформације зависан од формата непомичне слике

8. Препознавање применом CBIR техника
 - 8.1 Одабир CBIR техника за примену у новом поступку
9. Критички осврт на предложено решење
10. Имплементација лабораторијског прототипа
 - 10.1 Апликативно решење за потребе аквизиције
 - 10.2 Апликативно решење базе биометријских података
 - 10.3 Апликативно решење за потребе трансформације
 - 10.4 Апликативно решење за примену CBIR техника и евалуацију успешности поступка
11. Емпиријска евалуација предложеног решења
 - 11.1 Утицај временске дужине узорка секвенце хода на прецизност у препознавању
 - 11.2 Утицај различитих CBIR техника на прецизност у препознавању
 - 11.3 Утицај различитих делова људског тела на прецизност у препознавању
 - 11.4 Утицај различитих формата непомичних 2D слика на прецизност у препознавању
12. Закључак
 - 12.1 Остварени допринос
 - 12.2 Могућности примене
 - 12.3 Могући даљи правци истраживања

Литература

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У уводном поглављу дат је осврт на опште друштвено-технолошке околности које су довеле до предлога теме. Описана је мотивација аутора за рад у датој области као и основна идеја рада.

Друго поглавље разматра биометрију као научну дисциплину и осврће се на начин функционисања биометријских система. Дат је преглед водећих стандарда у евалуацији биометријских система, као и њихових начина рада. Посебан осврт је дат на класификацију и преглед до сада најчешће коришћених биометријских карактеристика.

У трећем поглављу дат је преглед научне области биометрије људског хода. На почетку су дефинисани основни концепти људског хода као модалитета и дати су основни проблеми у овој области са којима се сусреће академска заједница. Класификација постојећих приступа извршена је према начину приступа проблему, као и на основу различитих фактора утицаја на коначну успешност предложеног поступка. Дат је опсежан преглед постојећих моделних и безмоделних приступа са сумарном критиком на основу квантитативних и квалитативних фактора. Обзиром да је препознавање на основу хода веома зависно од реалних услова снимања и аквизиције, посебна пажња посвећена је различитим факторима утицаја на поступак прикупљања података. У фокусу истраживања су се нашли: утицај угла снимања на постојеће приступе; утицај брзине и темпа хода на постојеће приступе; утицај одеће и асесоара на постојеће приступе; утицај луминга и оклузије на постојеће приступе. Испитивање степена примене техника за претрагу слика на основу садржаја (eng. *Content Based Image Retrieval, CBR*) у постојећим поступцима је послужило као основа за касније предлагање новог поступка. Коначно, дата је сумарна критика постојећих приступа према наведеним квалитативним и квантитативним мерилима.

У четвртном поглављу је на основу идентификованог простора за нови научно-истраживачки допринос предложено ново решење за препознавање особа на основу хода. Ново решење заснива се на специфичном поступку који се састоји од три основна

корака. У првом кораку се врши аквизиција података о људском ходу, коришћењем нове технологије за интеракцију човек-рачунар, Microsoft Kinect. Резултат аквизиције представља људска фигура у видео секвенци представљена путем „штапне фигуре“. Потом се секвенца људског хода уз помоћ одговарајућих математичких трансформација преноси из просторно-временског у просторни домен, конкретно у домен мирне 2D слике. Коначно, уз помоћ техника за претрагу слика на основу садржаја се врши препознавање особа. Предложена архитектура система предвиђа модуларни приступ у развоју који би омогућио дистрибуирану употребу биометријског система. База података је централизована, чиме је омогућено лакше управљање подацима, висок степен заштите и брз одзив система.

У петом поглављу је описан поступак аквизиције података о људском ходу и начин анализе људске фигуре. Посебна пажња посвећена је аквизиционој технологији, *Microsoft Kinect*. Описан је начин рада уређаја и истакнута су функционална ограничења технологије.

Шесто поглавље посвећено је уређењу базе података. Истакнути су основни захтеви које је потребно испунити за квалитетан рад са мултимедијалним биометријским подацима. На основу утврђених захтева предложен је модел података. Предложени модел на адекватан начин успоставља равнотежу између генеричког управљања подацима и брзине одзива система.

У седмом поглављу дефинисан је поступак трансформације података о људском ходу из просторно-временског домена у домен мирне 2D слике. Развијен је генерички модел математике трансформације који обезбеђује трансфер кључних тачака из аквизиционог простора у тродимензионални RGB (Red, Green, Blue) простор. На основу генеричког модела, поступком специјализације, развијен је и специфични модел трансформације који се прилагођава стандардним дигиталним форматима 2D мирних слика заснованих на RGB стандарду.

Осмо поглавље даје преглед најчешће коришћених техника за претрагу слика на основу садржаја, даје њихову упоредну анализу и испитује погодност за примену у новопредложеном поступку. Као резултат анализе одабран је скуп погодних техника које ће бити коришћене у емпиријској евалуацији предложеног поступка.

У деветом поглављу дата је упоредна анализа предложеног поступка са значајнијим постојећим поступцима из исте класификационе групе. Анализа је урађена на основу квантитативних и квалитативних параметара који су врло важни за успешно функционисање биометријских система.

Десето поглавље посвећено је имплементацији лабораторијског прототипа за потребе предложеног поступка. Имплементација је урађена према предложеној архитектури по модуларном принципу, док је интероперабилност између модула обезбеђена сервисним моделом. Приказана су софтверска решења која обухватају процесе аквизиције, рада са базом биометријских података, трансформације у домен мирне 2D слике, као и примене CBIR техника и евалуације успешности методе.

У поглављу једанаест приказани су резултати експеримената чији је циљ био испитивање успешности предложеног поступка као и утицај појединих фактора на крајње перформансе система. Први експеримент је испитао утицај времена аквизиције у узорку људског хода на прецизност у препознавању. Резултати су показали да постоји одређена временска величина узорка оптимална за процес препознавања и да то време у великој мери зависи од циклуса хода. Други експеримент испитао је утицај различитих CBIR техника на поступак препознавања и крајњу прецизност система. Као

результат пронађена су решења која дају најбоље резултате, при чему је у једном случају постигнута стопа идентификације од приближно 89%. Трећи експеримент је имао за задатак да испита утицај појединих тачака из процеса аквизиције на успешност препознавања. Експеримент је испитао могућност побољшања прецизности поступка променом распореда аквирираних кључних тачака у поступку генерисања мирне 2D слике, односно могућност успешног препознавања особе коришћењем само подскупа тачака захваћених у поступку аквизиције. У првом случају извршена је анализа временских серија над кључним тачкама и на основу тога је предложен другачији распоред при креирању мирне 2D слике. Са тако креираним сликама постигнуто је извесно побољшање перформанси система. У другом случају показало се да је могуће вршити препознавање без значајног пада прецизности и са подскупом тачака, конкретно са две групе тачака које сачињавају горње и доње екстремитете. Последњи експеримент имао је за задатак да испита утицај дигиталног формата мирне 2D слике на прецизност у препознавању. Испитана су четири стандардна RGB формата и добијена је крива кретања прецизности зависно од формата. Показано је да се најбољи резултат постиже са форматом RGB565, јер се постигнута стопа идентификације особе од чак 96% за неке од коришћених CBIR техника!

У последњем поглављу дата је закључна дискусија. Истакнути су остварени доприноси, дефинисане могућности примене и одређени даљи правци истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост, оригиналност, значај

Тема којом се бави докторска дисертација је савремена и веома атрактивна, како у научном, тако и у практичном смислу. Обзиром да глобализам прати растућа опасност од терористичких акција, као и све значајније кретање становништва у свету, предложена технологија могла би значајно утицати на подизање степена безбедности, јер је једноставна, доступна, са добрим односом цене и перформансе и не захтева вољну активност испитиваних особа. Треба истаћи да може да се успешно користи као једна од метода мултибиометрије.

У докторској дисертацији је предложен потпуно нов поступак за препознавање особа на основу хода, са новим приступом проблему, и као такав је оригиналан и јединствен.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У раду је коришћена обимна и релевантна међународна литература. Највећа пажња посвећена је публикацијама највећих научних удружења у области информационих технологија, IEEE и ACM. Велики број коришћених извора публикован је на водећим конференцијама и у водећим часописима из наведене области. Поред тога коришћена је обимна и актуелна литература коју су публиковали водећи светски издавачи (Springer, Elsevier, Wiley, Prentice-Hall, Taylor&Francis).

У изради овог рада референцирано је 159 извора релевантних за обраду ове теме.

3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

У изради дисертације коришћене су следеће научне методе:

У првом делу дисертације (поглавља 1, 2, 3) коришћене су методе прикупљања и анализе постојећих научних резултата и достигнућа.

У наставку рада примењена је критичка анализа постојећих и предлог сопственог решења. За развој новог поступка коришћене су методе математичког моделирања за потребе развоја модела трансформација, методе развоја информационих система за предлог и имплементацију лабораторијског прототипа, као и стандардне биометријске методе евалуације за проверу исправности предложеног решења.

Практична провера постављених хипотеза обављена је уз помоћ развијене и реализоване базе биометријских података.

Начин на који је коришћена литература, њени извори и критички осврт јасно указују на адекватан истраживачки приступ. У реализацији софтверских решења коришћена је објектно-оријентисана методологија пројектовања употребом UML језика за моделовање. Експериментална евалуација поступка је адекватно постављена и извршена ослањајући се на водеће статистичке стандарде коришћене у биометрији.

На основу анализе докторске дисертације, може се закључити да примењене научне методе и технике одговарају, по свом значају и структури, теми дисертације и спроведеном истраживању.

3.4. Оцена применљивости и верификације научних резултата

Предложени систем за препознавање особа на основу хода одликује висока применљивост у системима безбедности. Чињеница да се у основи ослања на фронтонормални угао снимања, опредељује примену система у ситуацијама у којима се особа креће у правцу камере, што посебно погодује технологијама присмотре.

Терминали на аеродромима, железничким и аутобуским станицама, као и на царинским прелазима су изузетно погодни за практичну примену ове технологије. У овом случају Microsoft Kinect уређај би могао бити постављен на пролазну капију и покривао би простор приласка путника терминалу. На овај начин би систем на основу хода током приласа особе већ могао указивати на њен идентитет, након чега би се идентитет, на пример, могао потврдити провером лица на основу биометријског пасоша.

Посебан начин аквизиције посебно погодује и ситуацијама када се особа креће прилазним ходником према одређеној просторији. Оваква поставка се може применити у војним и безбедносним установама, као и у компанијама и истраживачким организацијама, када је приступ одређеним просторијама надгледан.

Успешност предложеног поступка проверена је низом емпиријских евалуација. Резултати потврђују полазну хипотезу да је могуће успешно применити CBIR технике за потребе препознавања особа. Предложени систем се показао као врло прецизан у идентификовању особа на основу хода. Моделна архитектура система и развој коришћењем мултиплатформских технологија отвара могућност примену овог биометријског система на различитим технолошким платформама.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Милош Миловановић је у досадашњем научно истраживачком раду показао изузетну способност и интуитивност. Истакао се учешћем у раду на водећим светским и националним конференцијама које су као фокус имале област дисертације. Током рада на дисертацији објавио је, као аутор или коаутор, завидан број радова у водећим међународним и националним часописима. Као истраживач, учествовао је у неколико домаћих научно-истраживачких пројеката, као и у једном научно-истраживачком пројекту финансираном од стране Европске Уније. Такође током периода докторских

студија имао је прилике да помаже и усмерава научно истраживачки рад млађих колега са којима је у сарадњи остварио високе резултате.

Узевши у обзир целокупно залагање и остварене резултате у научно истраживачком раду, закључујемо да је кандидат способан да се у потпуности самостално бави научно-истраживачким радом.

4. ОСТВАРЕН НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Резултати истраживачког процеса у предметној области садрже више значајних доприноса, и то:

- Целовит преглед истраживачке области препознавања особа на основу хода и класификација постојећих приступа уз њихову критичку анализу,
- Развој и реализација нове методе за препознавање особа на основу хода [нови метод],
- Примена нове врсте уређаја у поступку аквизиције података о људском ходу [нова техника],
- Нови математички модел за трансформацију прикупљених података о ходу из просторно временског домена у домен 2D непомичне слике [нов модел],
- Примена познатих поступака за претрагу слика на основу садржаја у сврху препознавања особе на основу хода [нови приступ],
- Ново прототипско софтверско решење са модулима за: процес аквизиције података о људском ходу, трансформацију у мирну 2D слику и поређење 2D мирних слика [нов софтвер],
- Креирање мултимедијалне базе биометријских података [нова база података],
- Друштвени допринос се огледа у могућности за унапређење система за управљањем идентитетом,
- Практичан допринос се огледа у реализацији прототипског рачунарског система за препознавање особа на основу хода.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Кандидат је користећи креирану мултимедијалну базу биометријских узорака методолошки исправно спровео експерименте који су потврдили полазне хипотезе у процесу истраживања. Реализовани резултати истраживања представљају целовит преглед области биометрије људског хода и новопредложени поступак за биометријску идентификацију особа на основу хода. Примена уведеног поступка је проверена реализацијом прототипа сложеног програмског биометријског система заснованом на модалитету људског хода. Успешност предложеног поступка је проверена емпиријски, применом различитих експеримената на прикупљеној бази биометријских података задовољавајуће величине.

4.3. Очекивана примена резултата у пракси

Предложена решења из ове тезе могу наћи практичну примену у различитим областима. Софтверско решење развијено за потребе аквизиције података о ходу може се користити, како за упис у базу података, тако и за поступак препознавања. Предложени модел база података може се користити за било који биометријски систем

без обзира на коришћени модалитет. Прикупљени подаци и формирана база података могу koristiti научној заједници за евалуацију нових решења и за унапређење предложеног поступка за биометријску идентификацију особа на основу хода.

Развијено решење за биометријску идентификацију особа на основу хода може наћи примену у различитим институцијама. Свака установа која има неки облик заштићеног приступа деловима објекта може се ослонити на ово решење са ходом као биометријским модалитетом.

Развијени модули за евалуацију биометријског система се могу koristiti у обуци будућих инжењера информационих технологија који желе да се афирмишу у области биометријских технологија.

4.4. Верификација научних доприноса

Области научног интересовања Милоша Миловановића су информационе технологије, биометрија, мултимедији и интеракција човек-рачунар. Током свог научно истраживачког рада објавио је већи број научних радова из области информационих технологија и то по категоријама: M14 – шест радова, M21 – један рад, M22 – један рад, M23 – седам радова, M33 – четрнаест радова, M52 – шест радова, M63 – девет радова.

У наставку је дат је одабрани подскуп радова у којима су директно описани кључни доприноси из теме ове дисертације разврстани по категоријама.

Категорија M23:

1. **Miloš Milovanović**, Miroslav Minović, Dušan Starčević, "Walking in colors: Human gait recognition using Kinect and CBIR", *IEEE Multimedia*, DOI: 10.1109/MMUL.2013.16, 2013 (preprint), IF 2011 0.438, IF (петогодишњи) 0.994
2. **Miloš Milovanović**, Miroslav Minović, Dušan Starčević, "Interoperability Framework for Multimodal Biometry: Open Source in Action", *Journal of Universal Computer Science*, DOI: 10.3217/jucs-018-11-1558, Vol 18, No 11, pp 1558-1575, 2012, IF 2011 0.389, IF (петогодишњи) 0.489
3. Miroslav Minović, **Miloš Milovanović**, Dušan Starčević, "Learning Object Repurposing for Various Multimedia Platforms", *Multimedia Tools and Applications*, DOI: 10.1007/s11042-011-0964-1 Vol 63, No 3, pp 927 – 946, 2013, IF 2011 0.617, IF (петогодишњи) 0.702

Категорија M14:

4. **Miloš Milovanović**, Miroslav Minović, Dušan Starčević, "Multimedia Systems Development", *Chapter in Advancing Information Management through Semantic Web Concepts and Ontologies*, pp 86 – 104, IGI Global, USA, DOI:10.4018/978-1-4666-2494-8.ch004, ISBN13: 9781466624948, 2013
5. **Miloš Milovanović**, Miroslav Minović, Dejan Simić, Dušan Starčević, "Implementing Authentication in an E-Procurement System", *Chapter in E-procurement Management for Successful Electronic Government Systems*, pp 157-168, IGI Global, USA, DOI: 10.4018/978-1-4666-2119-0.ch010, ISBN13: 9781466621190, 2013

Категорија M33:

6. **Milovanović Miloš**, Minović Miroslav, Starčević Dušan, "New Gait Recognition Method Using Kinect Stick Figure and CBIR", *2012 20th Telecommunications Forum (TELFOR)*, ISBN:978-1-4673-2984-2, pp. 1323-1327

7. Uroš Šošević, Ivan Milenković, Bojan Kezele, **Miloš Milovanović**, Miroslav Minović, "elBio – framework for learning multimodal biometrics", *XIV Simposio Internacional de Informática Educativa SIIE 2012*, Andorra la Vella, Andorra, 29 al 31 de octubre de 2012
8. **Miloš Milovanović**, Marija Bogićević, Miroslav Lazović, Dejan Simić, Dušan Starčević, Choosing Authentication Techniques in e-Procurement System in *Serbia, Fifth International Workshop on Frontiers in Availability, Reliability and Security (FARES 2010)*, Krakow, Poland, 2010

Категорија M63:

9. **Miloš Milovanović**, Miroslav Minović, Bojan Kezele, Dušan Starčević, "Gait recognition using KINECT device", *XXXIX Operational Research Symposium SYM-OP-IS 2012*, Tara, Serbia, 2012
10. Miloš Milovanović, Miroslav Minović, "Acquisition of biometric data using KINECT device", *INFOTECH 2012*, Vrnjaska Banja, Serbia
11. Uroš Šošević, Miroslav Minović, **Miloš Milovanović**, Maja Joksović, Dalibor Vučić, "Signature recognition systems – open source solutions overview", *INFOTECH 2012*, Vrnjaska Banja, Serbia
12. Kovačić Srđan, Ćurčić Milan, **Milovanović Miloš**, Štavljanin Velimir, "ATM system safety increase, using biometry and mobile telecommunications", *InfoTech 2011*, Vrnjaska Banja, Serbia
13. Bojan Kezele, Ivan Milenković, **Miloš Milovanović**, Miroslav Minović, Dušan Starčević, "Open Source Application In Biometric Data Acquisition", *SYM-OP-IS 2011*, Zlatibor, Serbia, 2011

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација се бави значајном, али још увек недовољно истраженом области биометријске идентификације особа на основу хода. Интензивним развојем комуникационих технологија и технологија пристоје ова област постаје врло интересантна не само за академску заједницу, већ и за комерцијалну примену. У оквиру докторске дисертације истраживана је могућност налажења новог поступка за биометријску идентификацију особа на основу хода, а која би на адекватан начин задовољила услове за примену технологија пристоје.

Полазна хипотеза у истраживању се заснивала на идеји да је могуће применити генеричке поступке за претрагу слика на основу садржаја у проблему препознавања особа на основу хода. За те потребе предложен је модел трансформације који проблем преноси из просторно-временског домена у просторни домен, конкретно домен мирне 2D слике. Упоредним прегледом постојећих приступа у обрађеној области дата је тренутна слика академских активности у овој области. У прегледу доступних радова дат је нови предлог класификације који ће бити од користи будућим истраживачима у овој области. На основу анализе идентификован је простор за предлог новог поступка за биометријску идентификацију на основу хода.

Нови поступак је предложен као процес који се састоји од три корака: аквизиције података о ходу особе, трансформације аквирираних података у мирну 2D слику и препознавање особе применом CBIR техника на садржај мирне слике. За потребе новог поступка развијено је модулarno софтверско решење које у потпуности покрива предложени процес. Ради провере исправности постављеног поступка дефинисане су одговарајуће експерименталне провере. Изграђена је база биометријских података према одговарајућим стандардима постављеним у академској заједници. Низом експеримената испитане су перформансе развијеног система. Такође, испитани су

различити фактори утицаја који би могли утицати на побољшање крајњих перформанси система. На основу добијених резултата закључено је да је предложени поступак научно заснован, да су постигнути запажени резултати у препознавању и да је могуће користити систем у реалном времену.

С обзиром на постигнуте резултате, комплексност, актуелност и специфичност обрађене теме, ова дисертација задовољава предвиђене критеријуме и показује способност Милоша Миловановића за самосталан научно-истраживачки рад.

На основу свега изложеног, са задовољством предлажемо да се приложена докторска дисертација под насловом „Примена CBIR техника у биометријској идентификацији особа на основу хода“ кандидата Милоша Миловановића прихвати као докторска дисертација и одобри њена усмена одбрана.

У Београду, 25.04.2013.

Др Душан Старчевић, редовни проф.
Факултет орг. наука Универзитета у Београду

Др Мирослав Миновић, доцент
Факултет орг. наука Универзитета у Београду

Др Зоран Јовановић, редовни проф.
Електротех. факултет Универзитета у Београду