

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Горана Зајића**.

Одлуком Наставно-научног већа бр. 5054/07-3 од 02.10.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Горана Зајића под насловом

ДЕТЕКЦИЈА КАДРОВА У ВИДЕО СЕКВЕНЦИ ПРИМЕНОМ МУЛТИФРАКТАЛНЕ АНАЛИЗЕ

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Горан Зајић је уписан на докторске студије 2008. године. Тему докторске дисертације под насловом „Детекција кадрова у видео секвенци применом мултифракталне анализе“ је пријавио 02.07.2012. године. Наставно-научно веће је на 751. седници одржаној 03.07.2012. године именovalo Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације у саставу:

1. др Ирине Рељин, ванр. професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет
2. др Бранимир Рељин, ред. проф. у пензији, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет
3. др Андреја Самчовић, ванр. проф, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет
4. др Миодраг Поповић, ред. проф, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет

Веће техничких наука Универзитета у Београду је 17.09.2012. године прихватило тему.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета је 02.10.2014. године именovalo Комисију за преглед и оцену урађене докторске дисертације у саставу:

1. др Ирине Рељин, ред. професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет
2. др Миодраг Поповић, ред. проф, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет
3. др Андреја Самчовић, ванр. проф, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет

На основу одлуке Наставно–научног већа бр. 2944/2 од 11.10.2007. године, студијски програм за све уписане студенте је започео у пролећном семестру школске 2007/2008, па се рок за завршетак докторских академских студија рачуна од почетка тог семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета.

По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак ових студија за још два семестра, сагласно члану 92. став 4 Статута Универзитета у Београду.

1.2. Научна област дисертације

Предмет дисертације је развој ефикасног алгоритма за детекцију наглих промена кадрова у видео секвенци, у реалном времену, без обзира на жанр и технологију продукције. Хипотеза од које се полази у истраживању односи се на употребу техника обраде сигнала које би омогућиле издвајање обележја садржаја видео фрејмова, ефикасну детекцију промена садржаја и прецизну класификацију наглих промена садржаја у видео секвенци.

Класичне технике за детекцију наглих промена кадрова развијене су за потребе телевизијских дистрибутивних система и омогућавају временску сегментацију видео секвенци. Примена постојећих техника ограничена је на телевизијске програме са студијским и репортажним видео садржајима, рекламама и уграђеним графичким објектима. Промене садржаја унутар кадрова у оквиру поменутих видео секвенци нису брзе а продукција је ограничена на коришћење камере и уградњу графичких објеката. Прелази између кадрова дефинисани су накнадном обрадом, коришћењем стандардног скупа транзиција. Под видео садржајима високе постпродукције подразумевају се реални филмови, филмови са уграђеном анимацијом и анимирани филмови. Поменуте видео секвенце одликују се брзим променама садржаја, специјалним ефектима, анимацијама, убаченим фрејмовима и компликованим транзицијама између кадрова. Видео саобраћај постаје доминантан у преносу података па је неопходно генерализовати технике за анализу и брза претраживања видео садржаја по питању жанра и технологије продукције.

У складу са хипотезом предложени алгоритам је оријентисан на све типове видео секвенци, без обзира на жанр и технологију продукције. Циљ истраживања је да се развије алгоритам заснован на употреби нових техника обраде сигнала које омогућавају, уз минималан број коришћених обележја фрејмова, прецизно детектовање наглих промена садржаја фрејмова. Реализовани алгоритам треба да обезбеди ефикасну временску сегментацију видео секвенци која ће представљати основу за даљу анализу и индексирање видеа. Мултифрактална анализа се у многим областима показала као ефикасан алат за описивање локалне структуре сигнала (појава) истицањем високих релативних промена унутар структуре, чиме се значајно унапређује детекција наглих промена у сигналу. Стога су у овом раду вршена истраживања да ли се, и у којој мери, може мултифрактална анализа искористити за детекцију наглих промена кадрова.

Дисертација припада научној области Електротехника и рачунарство, ужа област Телекомуникације (подобласт Мултимедија) и Обрада сигнала.

Ментор кандидата је др Ирини Рељин, редовни професор Електротехничког факултета, Универзитета у Београду. Ментор предаје неколико предмета на Катедри за телекомуникације и информационе технологије који су у блиској вези са проблематиком из пријављене теме. Др Ирини Рељин је аутор и коаутор већег броја радова у међународним часописима са импакт фактором који је квалификују као ментора за вођење ове дисертације. Релевантни радови ментора су наведени при пријави теме дисертације кандидата.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Горан Зајић је рођен у Ријеци (Р. Хрватска) 1972. године. Завршио је Основну школу “Вељко Влаховић” 1987. године и Средњу електротехничку школу „ТШЦ Мирко Думанић“ у Сплиту (Р. Хрватска) 1991. године. Електротехнички факултет у Београду је уписао исте године. Дипломирао је 2005. године на Електротехничком факултету, Универзитет у Београду, на одсеку Физичка електроника, смер Оптикелектроника и ласерска техника, са просечном оценом у току студија 8,05 (оцена на дипломском 10). Уписао је 2007. године докторске студије на Електротехничком факултету, Универзитет у Београду, смер Телекомуникације и информационе технологије, на којима је положио све, планом студија предвиђене, испите са оценом 10. Од 2007. године ради у Високој школи струковних студија за информационе и комуникационе технологије у Београду на позицији сарадника у лабораторији.

Кандидат је био ангажован на реализацији и програму истраживања на домаћим пројектима:

- “Развој система за дигитализацију медицинских снимака, архивирање у бази података и претраживање базе података“, Иновациони пројекат Министарства науке Републике Србије за 2008/2009 годину, истраживач.

Кандидат је био ангажован на реализацији и програму истраживања на следећим међународним пројектима:

- Европски пројекат COST IC0604, “Anatomic Telepathology Network (EURO-TELEPATH)”, 2007-2012, истраживач.
- Европски пројекат COST 292, “Semantic Multimodal Analysis of Digital Media”, 2004-2008, истраживач.

Усавршавао се кроз бројне курсеве за области и пројекте на којима је радио. Најзначајнији курсеви које је завршио:

- „JAVA Fundamentals“, ORACLE Academy, certificate;
- „Database Design and Programming with SQL“, ORACLE Academy, certificate;
- „CCNA course“, CISCO Academy.

Рецензент је радова (TELFOR) и копредседавајући на сесији за мултимедију (TELFOR). Члан IPTM групе за дигиталну обраду слике, телемедицину и мултимедију на Електротехничком факултету у Београду.

Ангажован је као члан комисије на вештачењу аутентичности видео записа у кривичним поступцима од стране Електротехничког факултета у Београду.

Аутор је и коаутор преко четрдесет научних радова. Од тога су два рада објављена у часописима са SCI листе, 3 рада у међународним часописима, 2 рада у домаћим часописима, 14 радова у зборницима међународних конференција, као и 24 рада у зборницима домаћих конференција.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Имајући у виду циљ истраживања које је плод комбинације различитих техника детекције са релативно малом сложености, дисертација је дала одговоре на постављене хипотезе:

- Одабрана су одговарајућа обележја ниског нивоа, која обезбеђују да је разлика обележја суседних фрејмова довољно наглашена.
- Одабрана је одговарајућа диференцијална метрика која обезбеђује робусност алгоритма на промене осветљаја фрејмова, померања објеката и камере.
- Примена мултифракталне анализе обезбеђује додатно структурно описивање секвенце разлика садржаја фрејмова у домену сингуларитета, тако да су сингуларитети још израженији и уочљивији.
- Примењена је техника детекције која је једноставна за реализацију и омогућава њено брзо извршавање.
- У циљу смањења погрешно детектованих сингуларитета који не представљају нагле промене кадра развијен је алгоритам који омогућава квалитетну класификацију детектованих сингуларитета.

У исцрпним симулацијама које је кандидат урадио, анализирано је и тестирано 1.679.604 фрејмова. Докторска дисертација је написана на 162 стране технички добро обрађеног текста. Садржи списак скраћеница, 58 слика и 21 табела, као и литературу са 110 референци. Комплетан материјал је изложен кроз девет поглавља:

1. Увод
2. Сегментација видеа у временском домену и детекција наглих промена кадра
3. Увод у MPEG видео компресију, са посебним освртом на MPEG-7 стандард за описивање садржаја видеа, и кратак опис мултифракталне анализе
4. Преглед публикованих алгорита за детекцију наглих промена кадра
5. Нови алгоритам за детекцију наглих промена кадра
6. Експериментални резултати тестирања предложеног алгоритма
7. Закључак

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу је описана иницијална мотивација и објашњени су циљеви истраживања. Хипотезе су постављене у складу са наведеним циљевима.

У другом поглављу дат је увод у временску сегментацију видео сигнала. Представљена је хијерархијска структура видеа са посебним освртом на детекцију кадра као првог корака у процесу сегментације. У другом делу овог поглавља описани су типови промена између кадра и основни приступи у процесу њихове детекције. У трећем делу овог поглавља разрађена је проблематика детекције нагле промене кадра заснована на обележјима садржаја фрејмова.

Треће поглавље је посвећено видео компресији, обележавању садржаја фрејмова и мултифракталној анализи. У првом делу овог поглавља представљена је фамилија MPEG стандарда за компресију видеа. Један број публикованих алгорита за детекцију наглих промена кадра ради у компресионом домену видеа. Представљене су само основне карактеристике компресионих алгорита. У другом делу овог поглавља дат је увод у MPEG-7 стандард за описивање видео садржаја. Дат је преглед основних обележја ниског нивоа дефинисаних овим стандардом. Основна теорија мултифракталне анализе са примерима примене у разним областима истраживања представљена је у трећем делу овог поглавља. Посебно су издвојене примене у алгоритмима за детекцију наглих промена сигнала у временском и просторном домену.

У четвртном поглављу описани су публиковани алгоритми за детекцију наглих промена кадрова, класификовани на основу обележја ниског нивоа, типу примењене диференцијалне метрике, начину детектовања брзих наглих промена садржаја и по алгоритмима за класификацију детектованих наглих промена. На крају поглавља дат је табеларни приказ карактеристика публикованих алгоритама са поређењем у односу на предложени алгоритам. Наведене су и основне карактеристике публикованих алгоритама са којима је вршено поређење експерименталних резултата.

Предлог новог алгоритма за детекцију наглих промена кадрова у видео секвенци представљен је у петом поглављу. Алгоритам је детаљно описан по функционалним целинама. Представљена су обележја ниског нивоа која се користе при описивању садржаја фрејмова и наведени су разлози избора. Дефинисана је диференцијална метрика за обележја фрејмова и описан је начин израчунавања. Детаљно је анализирана техника детекције наглих промена садржаја применом мултифракталне анализе, са освртом на предности употребе мултифракталног описа сигнала за потребе детекције. На крају поглавља приказана је реализација класификације наглих промена садржаја која резултира детекцијом стварних наглих промене кадрова и *flash* детектора који се користи за елиминацију погрешних детекција услед нагле промене осветљења у кадру.

Експериментални резултати предложеног алгоритма приказани су шестом поглављу. Представљени су резултати детекције наглих промена кадрова за дугометражне видео секвенце различитих жанрова, кратке секвенце жанровски строго профилисане и телевизијске секвенце. Анализирано је 1.679.604 frame-ова у секвенцама различитих жанрова и динамике. Тестиране секвенце припадају акционом, драмском, делимично и потпуно анимираном жанру. Скуп продукционих технологија тестираних секвенци чине реални видео, анимација и рачунарска анимација. У овом поглављу дато је поређење експерименталних резултата са резултатима публикованих алгоритама за детекцију наглих промена кадрова. На крају поглавља дата је анализа и дискусија представљених резултата.

У седмом поглављу је дат преглед постигнутих резултата и изведених закључака. Наведени су доприноси дисертације. Дате су смернице за будућа истраживања у циљу даљег унапређивања квалитета детекције наглих промена кадрова у видео секвенци.

У дисертацији је дат списак употребљених скраћеница, као и списак слика и табела. Литература обухвата релевантне референце за област дисертације. На крају је приложена биографија кандидата.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Предмет дисертације је веома значајан и актуелан с обзиром на брз развој технологије у области мултимедије и тенденције да видео саобраћај преузима доминантну улогу у преносу података. Аутоматска анализа садржаја видео секвенци и означавање (индексирање) видеа представљају основу за ефикасно претраживање и архивирање видео секвенци. За сваку анализу видеа основни предуслов је прецизна временска сегментација видео секвенци у којој детекција наглих промена кадрова представља први корак. Интензивна истраживања последњих година произвела су велики број публикованих техника за аутоматску детекцију наглих промена кадрова. Ефикасност детекције зависи од одабира обележја садржаја фрејмова ниског нивоа, диференцијалне метрике за поређење садржаја фрејмова, технике детекције брзих промена садржаја и успешне класификације односно издвајања наглих промена кадрова. Употреба различитих метрика и трансформационих домена значајно утичу на детекцију локалних карактеристика сигнала у временском домену, које могу указати на појаву одређених промена садржаја између фрејмова. Мултифрактална анализа, као метода

која омогућава једновремену локалну и глобалну анализу сигнала, често се истиче као погодан алат за описивање сложене структуре сигнала.

У дисертацији кандидата је предложен нови алгоритам за детекцију наглих промена кадрова заснован на новим приступима у детекцији локалних карактеристика сигнала на основу мултифракталне анализе. Погодним избором обележја фрејмова, применом корелације као диференцијалне технике, уз одговарајући начин израчунавања, детектују се одступања (артефакти) у временском низу фрејмова. Положаји артефаката указују на позиције наглих промена садржаја између фрејмова, што су кандидати за промену кадрова. Трансформацијом временског низа разлика обележја фрејмова у мултифрактални домен обезбеђује се истицање локалних сингуларитета на позицијама наглих промена садржаја. Упаривањем позиција артефаката и истакнутих мултифракталних сингуларитета постиже се ефикаснија детекција наглих промена кадрова са великом тачношћу, чак и у условима кретања објеката и камере унутар кадрова и промене осветљаја сцене унутар истог кадра. Сprovedена истраживања су показала да су предложени приступи врло погодни за детекцију и верификацију наглих промена кадрова. Резултати тестирања су показали већу успешност предложеног алгоритма од постојећих техника за детекцију наглих промена кадрова, описаних у литератури.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији кандидат је навео 110 референци. Наведене референце обухватају релевантне књиге, радове из међународних и домаћих часописа, радове са домаћих и међународних конференција, као и стандарде значајне за предмет дисертације.

Литературу која је коришћена у докторској дисертацији чине старије (изворне) и савремене доступне публикације које су омогућиле широк приступ одабраној проблематици обезбеђујући целовито сагледавање проблематике предмета дисертације. Одабрана референтна литература је омогућила сагледавање постојећих приступа у области детекције кадрова у видео секвенцама, и постављање полазних основа за развој новог алгоритма и поређење са публикованим. Посебна пажња је посвећена савременој литератури која указује на нове трендове у овој области, у смислу одабира одговарајућих обележја садржаја фрејмова, диференцијалне метрике, техника детекције и класификације. Публикације у изабраној литератури обезбедиле су креирање теоретске основе за нови искорак у односу на постојеће стање у области детекције кадрова. На основу примера представљених у одабраним публикацијама, одређене су смернице за развој новог алгоритма високих перформанси.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Током израде дисертације коришћене су различите методе прикупљања и анализе публикованих научних техника и резултата. Проблематика креирања и детекције наглих промена кадрова разматрана је у стручним радовима из филмске и телевизијске продукције. Анализиран је утицај квалитета видео сигнала, утицај уметничког израза креатора видео секвенци и утицај технике едитовања видеа на детекцију кадрова. Прегледом литературе усвојена су сазнања о постојећим приступима у погледу детекције наглих промена кадрова. Резултати иницијалних тестирања показали су да је минималан скуп од два обележја садржаја фрејмова довољан за ефикасну детекцију наглих промена. Одабир корелације као диференцијалне метрике произашао је из потребе да процес детекције не зависи од нивоа сигнала. Техника детекције промена кадрова на основу артефаката у диференцијалном низу обележја и мултифракталне анализе произашао је из интензивних тестирања и уочавања

одређених аномалија у временским низовима које могу да укажу на позицију нагле промене. Процес класификације у оквиру алгоритма за детекцију реализован је анализом великог броја параметара који могу да укажу на исправност детекције.

Презентација резултата истраживања реализована је применом различитих техника. Коришћени су блок дијаграми за приказивање функционалних токова алгоритма, текстуални приказ резултата помоћу табела и дескриптивни приказ резултата помоћу слика. Предложени алгоритам тестиран је на великом броју видео секвенци различитих садржаја и продукционих технологија. Иницијални експерименти су извођени на тест видео секвенцама, а евалуација је извођена на видео секвенцама које нису коришћене у иницијалним експериментима. Резултати експеримената презентовани су на адекватан начин и анализирани кроз дискусију. Избор и разрада научних метода које су примењене у истраживању одређене су предметом и дефинисаним циљевима дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати докторске дисертације могу имати широку практичну примену у индустрији мултимедије, како у филмској тако и у телевизијској продукцији видео садржаја. Анализа и аутоматска анотација видео секвенци полази од детекције кадрова, а брза претраживања великих видео архива и проналажење одговарајућих садржаја зависе од прецизне анотације. Други аспект примене резултата дисертације огледа се у развоју интерактивних система видео продукције који омогућавају претрагу видеа на основу садржаја фрејмова или комплетних секвенци фрејмова који чине кадар. Посебан аспект примене резултата дисертације представља примена у безбедносним технологијама, као што је форензика мултимедијалних садржаја. Нагла варијација садржаја који се снима камером може указати на промену кадра, самим тим може се детектовати угрожавање безбедности или достизање критичног нивоа вибрација. Форензика видео садржаја представља специфичан приступ детекцији кадрова, где се применом детекције кадрова верификују видљиве промене а остатак видеа се проверава на постојање невидљивих промена унесених накнадним едитовањем видеа. Такође, алгоритмом за детекцију кадрова могуће је детектовати промену аутентичности фрејмова као последице едитовања видеа.

Експериментални резултати предложеног алгоритма и његова евалуација засновани су на тестирању перформанси система коришћењем реалних видео секвенци. Конкретно, коришћене су видео секвенце високе постпродукције, чиме је остварена верификација развијених метода и добијених резултата изнетих у дисертацији.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Горан Зајић је стекао велико искуство радећи на међународном пројекту чији је предмет био семантичка мултимодална анализа дигиталних медија. Објавио је преко 40 радова у часописима (два часописа са SCI листе) и зборницима конференција. Већина радова припада области дисертације. Велики број радова је цитиран у иностраној литератури, часописима и међународним конференцијама. Део истраживања је објављен у часопису са SCI листе, и реферисан на више међународних и домаћих научних скупова.

На основу експерименталних резултата који су приказани у дисертацији може се закључити да је кандидат показао способност за креативни приступ истраживању и студиозну анализу постојећих решења за детекцију наглих промена кадрова. Показао је способност уочавања недостатака у постојећим решењима и успешно спровођење истраживања у циљу њиховог

унапређења. До сада остварени резултати указују на оригиналност и систематичност, што потврђује да је Горан Зајић исказао способност за самостални научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Кандидат Горан Зајић је остварио вредне научне доприносе у докторској дисертацији. Прегледом доступне литературе и анализом постојећих сазнања о детекцији наглих промена кадрова учињен је важан допринос у истраживању система за анализу видео секвенци кроз:

- преглед и анализу обележја фрејмова видео секвенци имплементираних у стандардним техникама за детекцију наглих промена кадрова;
- преглед и анализу стандардних техника за детекцију наглих промена кадрова;

Научни доприноси у дисертацији кандидата су следећи:

- Извршен је одабир обележја фрејмова за детекцију наглих промена кадрова;
- Развијен је метод за вишеструку употребу једног обележја у оквиру алгоритма за детекцију наглих промена кадрова;
- Развијен је метод за истицање уочљивих артефаката који се једноставно детектују;
- Развијен је алгоритам који примењује корелацију као диференцијалну метрику која обезбеђује универзалност детекције наглих промена кадрова, без обзира на класу видео секвенци;
- Примењена је мултифрактална анализа за локализацију наглих промена садржаја;
- Примењена је једноставна и брза класификација употребом класификатора који раде на принципу прагова;
- Извршено је вредновање алгоритма на основу поређења предложеног алгоритма са алгоритмима високих перформанси публикованим у доступној литератури.

Најзначајнији допринос докторске дисертације је развој алгоритма за детекцију наглих промена кадрова у видео секвенци који не зависи од жанра или технологије продукције секвенце.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Кандидат је објавио већи број научних радова у вези са темом докторске дисертације, чији су резултати директно ушли у дисертацију или су тесно везани са истраживањем у њој.

Представљени алгоритам за детекцију наглих промена кадрова у видео секвенцама показао је одређене напредне перформансе при интензивном експерименталном тестирању. Резултати интензивног тестирања алгоритма за детекцију наглих промена кадрова показали су високу тачност алгоритма без обзира на класу видео секвенци над којима је вршено тестирање. Узрок високог нивоа тачности је избор обележја фрејмова, диференцијалне метрике и детекције нагле промене садржаја. Применом хистограма боје и вејвлет обележја, као обележја фрејмова, обезбеђен је квалитетан опис садржаја фрејмова и велика осетљивост на нагле промене. Примена корелације као диференцијалне метрике, имплементирана на одговарајући начин, омогућила је креирање врло уочљивих артефаката на позицијама наглих промена садржаја. На овај начин детекција наглих промена кадрова је поједностављена. Имплементација мултифракталне анализе омогућила је ефикасну локализацију нагле

промене садржаја и везивање промене за конкретан фрејм. Корелација примењена као диференцијална метрика је омогућила универзалност примене алгоритма на различите видео секвенце, без обзира на класу и технологију производње.

Тестирање алгоритма на великом броју видео секвенци показао је да прецизност алгоритма зависи од видео секвенце на којима се врши тестирање. Резултати тестирања на видео секвенцама са споријим променама садржаја, без обзира на присуство различитих градијентних промена кадрова, показују висок ниво прецизности детекције наглих промена кадрова. Тестирање на видео секвенцама са бржом транзицијом радње, специјалним ефектима, брзим померањем камера и објеката унутар кадра, показало је да предложени алгоритам има прецизност детекције наглих промена кадрова која варира од секвенце до секвенце. Број кадрова са брзим померањем кадрова, брзим померањем објеката и специјалним ефектима, директно утиче на прецизност алгоритма. У овом случају, узрок ниског нивоа прецизности класификације наглих промена садржаја налази се у чињеници да брзе транзиције камере и објеката реално одговарају наглој промени садржаја када су у питању ниске учестаности фрејмова видео секвенци. Коришћењем секвенци високих учестаности фрејмова, брзе транзиције камере и објеката имају равномернију транзицију промене садржаја кроз фрејмове и не представљају значајну наглу промену садржаја. У експерименталним тестирањима коришћене су видео секвенце са ниским учестаностима фрејмова (25 fps). Специјални ефекти представљају врло захтевне сегменте видео секвенци, у којима постоји драстична промена садржаја фрејмова и још увек није усвојена јасна класификација по питању промене кадра уз присуство специјалних ефеката.

4.3. Верификација научних доприноса

У току исцрпних истраживања којима је кандидат приступио радећи на докторској дисертацији, објављен је велики број радова, као што следи у списку. Треба истаћи да се радови кандидата могу сврстати у две велике категорије: оне који се баве издвајањем основних обележја из видео секвенци, односно примена мултифракталне анализе на издвајање сингуларитета у сигнаlima различите природе.

1. Међународни часописи (Категорија M23): Нема потребе наводити дои за радове који су већ објављени.

1. **G. Zajić**, N. Kojić, V. Radosavljević, M. Rudinac, S. Rudinac, N. Reljin, I. Reljin, B. Reljin, "Accelerating of Image Retrieval in CBIR System with Relevance Feedback", EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, Spec. Issue on Knowledge Assisted Media Analysis for Interactive Multimedia Applications, Volume 2007 (2007), Article ID 62678, 13 pages, ISSN 1687-6172 (doi:10.1155/2007/62678), (Impact factor: 0.619 (2007), 1.055 (2008)). **M23**
2. A. Gavrovska, **G. Zajić**, I. Reljin, B. Reljin, "Classification of Prolapsed Mitral Valve versus Healthy Heart from Phonocardiograms by Multifractal Analysis," Hindawi Publishing Corporation Computational and Mathematical Methods in Medicine, Volume 2013, Article ID 376152, 10 pages, ISSN 1748-670X, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/376152>. (IF:0.791 (2012), 1.018 (2013)) **M23**

2. Међународни часописи (Категорија M53): Категорија M53 се води као домаћи часописи, у тој категорији је Телфор журнал.

3. **G. J. Zajić**, N. S. Kojić, and B. D. Reljin, "Improving CBIR Systems Using Automated Ranking", *Telfor Journal*, 2012. (**M53**)

4. B. Reljin, **G. Zajić**, N. Reljin, I. Reljin, "Adaptive Clustering of Image Database (ACID) as an Efficient Tool for Improving Retrieval in a CBIR System", *Stud Health Technol Inform.* 2012 ;179:172-183. (DOI: 10.3233/978-1-61499-086-4-172). (**M53**)
5. **G. J. Zajić**, I. S. Reljin, and B. D. Reljin, "Video Shot Boundary Detection based on Multifractal Analysis," *Telfor Journal*, Vol. 3, No. 2, 2011, pp.105-110. (ISSN 1821-3251) (**M53**)

3. Домаћи часописи (Категорија M52):

6. S. Čabarkapa, **G. Zajić**, M. Pavlović, N. Slavković, N. Reljin, M. Kragović, "System for digitalization of medical images based on DICOM standard", *Serbian Journal of Electrical Engineering*, vol. 6, iss. 3, pp. 409-418, 2009. (ISSN 14514869) (**M52**)
7. N. Kojić, S. Čabarkapa, **G. Zajić**, B. Reljin, "Implementation of neural network in CBIR systems with relevance feedback", *Journal of Automatic Control*, Vol 16, pp. 41-45, 2006. (ISSN 14509903) (**M52**)

4. Радови на међународним научним скуповима (Категорија M33):

8. A. Gavrovska, **G. Zajić**, I. Reljin, V. Bogdanović, B. Reljin, "Second Generation Wavelets: Advantages in Cardiosignal Processing", in *Proc. of 11th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services - TELSIKS*, Serbia, Nis, October 16-19, 2013. (IEEE Catalog Number: CFP13488-CDR, ISBN: 978-1-4799-0900-1) (**M33**)
9. A. Savić, **G. Zajić**, N. Kojić, "Analysing Volatility of Belgrade Stock Market Using Multifractal Analysis", *Balcor 2011, 10th Balcan Conference on Operational Research*, Thessaloniki, Greece, 22.-24. september 2011. (ISSN 0233-1934) (**M33**)
10. N. Kojić, **G. Zajić**, S. Čabarkapa, M. Pavlović, V. Radosavljević, B. Reljin, "The Influence of the Feature Vector Content on the CBIR System Efficiency", *TELSIKS 2009, 9th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services*, Nis-Serbia, 7.-9. October 2009. (IEEE Catalog Number: CFP09488-PRT, ISBN: 978-1-4244-4381-9) (**M33**)
11. V. Radosavljević, N. Kojić, **G. Zajić**, B. Reljin, "The Use of Unlabeled Data in Image Retrieval with Relevance Feedback", in *Proc. 9th Sem. NEUREL-2008*, pp. 21-26, Beograd, Sept. 25-27, 2008. (IEEE Catalog Number: CFP08481-PRT, ISBN: 978-1-4244-2903-5)
12. **G. Zajić**, N. Kojić, N. Reljin, B. Reljin, "Experiment with Reduced Feature Vector in CBIR System with Relevance Feedback", *The 5th International Conference on Visual Information Engineering, VIE'08*, July 29- August 1, Xi'an, China, 2008. (ISSN 1751-9659) (**M33**)
13. **G. Zajić**, N. Kojić, N. Reljin, B. Reljin, "Statistical Analysis of Feature Vector Relevance in CBIR System", *XLIII International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies, ICEST 2008*, June 25-27, Nis, Serbia, 2008. (ISBN 978-86-85195-61-7) (**M33**)
14. S. Rudinac, **G. Zajić**, M. Ušćumlic, M. Rudinac, B. Reljin "Comparison of CBIR Systems with Different Number of Feature Vector Components", in *Proc. 2nd of International Workshop on Semantic Media Adaptation and Personalization (SMAP 2007)*, pp. 199-204, December 17-18, London, UK, 2007. (ISBN 0-7695-3040-0) (**M33**)
15. Q. Zhang, K. Chandramouli, U. Damnjanovic, T. Piatrik, E. Izquierdo, M. Corvaglia, N. Adami, R. Leonardi, G. Yakin, S. Aksoy, U. Naci, A. Hanjalic, S. Vrochidis, A. Moutzidou, S. Nikolopoulos, V. Mezaris, L. Makris, I. Kompatsiaris, E. Esen, A. Alatan, E. Spyrou, P. Kapsalas, G. Tolia, P. Mylonas, Y. Avrithis, B. Reljin, **G. Zajić**, R. Jarina, M. Kuba, N. Aginamo, J. Goya, B. Mansencal, J. Benois-Pineau, A.M.G. Pinheiro, L.A. Alexandre, P. Almeida, "The COST292 experimental framework for TRECVID 2007", *NIST, TRECVID, 2007*. (ISBN 978-1-59593-780-3) (**M33**)

16. S. Rudinac, M. Ušćumlić, M. Rudinac, **G. Zajić**, B. Reljin, "Global image search vs. regional search in CBIR systems ", in *Proc. Conf. WIAMIS 2007*, June 2007, Santorini, Greece. (ISBN 0-7695-2818-X) (M33)
17. M. Janković, **G. Zajić**, V. Radosavljević, N. Kojić, N. Reljin, M. Rudinac, S. Rudinac, B. Reljin, "Minor component analysis (MCA) applied to image classification in CBIR system", in *Proc. 8th Sem.NEUREL-2006*, pp. 11-16, Beograd, Sept. 25-27, 2006. (ISBN 1-4244-0432-0) (M33)
18. **G. Zajić**, N. Kojić, V. Radosavljević, S. Čabarkapa, B. Reljin, "Feature Vector Reduction in CBIR System with Relevance Feedback", in *Proc. 13th Inter. Conf. IWSSIP-2006*, pp. 479-482, Budapest, Hungary, 21-23, Sept. 2006. (ISBN 80-89082-09-2) (M33)
19. V. Radosavljević, N. Kojić, S. Čabarkapa, **G. Zajić**, I. Reljin, B. Reljin, "An image retrieval system with user's relevance feedback", in *Proc. 7th Conf. WIAMIS 2006*, pp. 9-12, Seoul, Korea, 19-21, April, 2006. (M33)
20. S. Čabarkapa, N. Kojić, V. Radosavljević, **G. Zajić** and B.Reljin, „Adaptive content-based image retrieval with relevance feedback“, *Conf. EUROCON 2005*, Belgrade, Nov. 21-24, 2005. (ISBN 1-4244-0049-X) (M33)

5. Зборници са домаћих конференција (Категорија M63):

21. **G. Zajić**, N. Kojić, M. Zajeganovic-Ivancic, B.Reljin, "Improving CBIR Systems Using Clusterization" (in Serbian), TELFOR, Beograd, November. 20-22, 2012. (ISBN 978-86-7466-392-9) (M63)
22. **G. Zajić**, N. Kojić, B.Reljin, "Searching Image Database Based on Content" (in Serbian), TELFOR, Beograd, November. 22-24, 2011. (ISBN 978-86-7466-392-9) (M63)
23. A. Savić, N. Kojić, **G. Zajić**, I. Reljin, B. Živković, " Multifractal analysis of stock market (Case study of Belgrade Stock Exchange)" (in Serbian), SYM-OP-IS 2011, XXXVIII Symposium on Operations Research, Zlatibor, 4.-7. September, 2011. (ISBN 978-86-403-1168-7) (M63)
24. **G. Zajić**, "Efficiency analysis of the of automated CBIR system for different image features vectors" (in Serbian), in *Proc. Conf. ETRAN 2011*, Banja Vrućica, Bosnia and Herzegovina, June 6-9, 2011. (ISBN 978-86-80509-66-2) (M63)
25. N. Kojić, **G. Zajić**, "Automated CBIR system based on ranking" (in Serbian), in *Proc. Conf. ETRAN 2011*, Banja Vrućica, Bosnia and Herzegovina, June 6-9, 2011. (ISBN 978-86-80509-66-2) (M63)
26. **G. Zajić**, B. Reljin, "CBIR System With Automated Selection of Relevant Images", in *Proc. Conf. Scientific and Professional Symposium INFOTEH-2011*, Jahorina, 16-18. march, 2011. (ISBN 978-99938-624-6-8) (M33)
27. **G. Zajić**, I. Reljin, B.Reljin, "Shot Boundary Detection in Video Sequence Based on Multifractal Analysis", TELFOR 2010, Beograd, November. 23-25, 2010. (ISBN 978-86-7466-392-9) (M63)
28. A. Savić, **G. Zajić**, "Modelling Extremal Losses from Operational Risk Databases" (in Serbian), in *Proc. Conf. SymOps2009 - XXXVI Symposium on Operations Research*, Ivanjica, 22.- 25. September 2009. (ISBN 978-86-80593-43-2) (M63)
29. **G. Zajić**, S. Čabarkapa, N. Kojić, V. Radosavljević, B. Reljin, "Comparison of Two Methods for Image Classification in CBIR System With Modified Feature Vector" (in Serbian) , in *Proc. Conf. ETRAN 2009*, Vrnjačka Banja, June 15-19, 2009. (ISBN 978-86-80509-64-8) (M63)
30. S. Čabarkapa, **G. Zajić**, M. Pavlović, N. Slavković, N. Reljin, M. Kragović "System for Digitalization of Medical Images Based on DICOM Standard" (in Serbian) , in *Proc. Conf. ETRAN 2009*, Vrnjačka Banja, June 15-19, 2009. (ISBN 978-86-80509-64-8) (M63)
31. N. Slavković, N. Reljin, M. Pavlović, N. Kojić, S. Čabarkapa, **G. Zajić**, M. Kragović, "Web Oriented Service Implementation for the Medical Image Processing", in *Proc. Conf. Scientific and Professional Symposium INFOTEH-2009*, Jahorina, 18-20. march, 2009. (ISBN 99938-624-2-8) (M33)

32. **G. Zajić**, M. Kragović, N. Kojić, S. Čabarkapa, N. Reljin, M. Pavlović, N. Slavković, "System for Digitalization, Archiving and Retrieving Medical Images"(in Serbian),in *Proc. Conf. XV YU INFO 09*, Kopaonik, march 8-11, 2009. (ISBN 978-86-85525-04-9) (**M63**)
33. D. Kleut, J. Stanković, **G. Zajić**, "Statistical Analysis of Image Feature Vectors of CBIR System" (in Serbian), in *Proc. Conf. ETRAN 2008*, jun 8-12, Palić, Srbija, 2008. (ISBN 978-86-80509-63-1) (**M63**)
34. S. Rudinac, M. Ušćumlić, **G. Zajić**, M. Rudinac, B. Reljin, "Improvements in Content-based Image Retrieval System" (in Serbian), in *Proc. Conf. ETRAN 2007*, June 2007, Herceg Novi – Igalo, Montenegro, June 4-8, 2007. (ISBN: 978-86-80509-62-4) (**M63**)
35. D. Dujković, **G. Zajić**, "Using HBM method for Rotating Gray Scale Images"(in Serbian), in *Proc. Conf. ETRAN 2007*, Herceg Novi-Igalo, Montenegro, June 4-8, 2007. (ISBN: 978-86-80509-62-4) (**M63**)
36. S. Rudinac, M. Rudinac, **G. Zajić**, N. Kojić, V. Radosavljević, N. Reljin, I. Reljin, "Retrieving of Images With Desidered Object Using CBIR System" (in English), in *Proc. Conf. TELFOR 2006*, Beograd, November 21-23, 2006. (ISSN: 86-7466-375-7) (**M63**)
37. **G. Zajić**, N. Kojić, V. Radosavljević, S. Rudinac, M. Rudinac, N. Reljin, B. Reljin, "CBIR System for Pre-classified Image Database" (in Serbian), in *Proc. Conf. TELFOR 2006*, Beograd, November 21-23, 2006. (ISSN: 86-7466-375-7) (**M63**)
38. N. Kojić, S. Čabarkapa, **G. Zajić**, "Adaptive Neural Network for Image Retrieval" (in Serbian), in *Proc. Conf. ETRAN 2006*, Beograd, Jun 6-8, 2006. (ISBN 86-80509-58-2) (**M63**)
39. S. Čabarkapa, N. Kojić, V. Radosavljević, **G. Zajić**, B. Reljin, "An Improved Image Retrieval System Based on Adaptive Clusterization" (in Serbian), in *Proc. Conf. ETRAN 2006*, Beograd, Jun 6-8, 2006. (ISBN 86-80509-58-2) (**M63**).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Горана Зајића даје значајан допринос у развоју система за обраду мултимедијалних садржаја, конкретно у развоју временске сегментације видео секвенци. На локализацију наглих промена кадрова значајно утичу жанр видео секвенци, технологија продукције и уграђени специјални ефекти. Утицај ових фактора огледа се у погрешној детекцији и маскирању стварних прелаза између кадрова. Посебну пажњу Горан Зајић је посветио развоју свеобухватног решења за детекцију наглих промена кадрова без обзира на жанр и технологију продукције видео секвенци. У ту сврху предложио је нови приступ у детекцији наглих промена кадрова заснован на комбинованој детекцији применом детекције наглих промена у домену сингуларитета мултифракталне анализе и детекције сличних артефаката у локалној структури сигнала. Предложена метода је верификована тестирањем на великом броју реалних видео секвенци високе постпродукције. Развијена је метода која представља аутоматску детекцију кадрова у видео секвенцама и може послужити у различитим областима мултимедија као помоћни алат високе ефикасности у процесу временске сегментације или форензике.

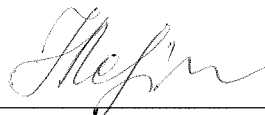
На основу изложеног констатујемо да докторска дисертација кандидата Горана Зајића садржи оригиналан допринос у виду детекције наглих промена кадрова у реалним видео секвенцама. Резултати истраживања из ове дисертације су верификовани публиковањем у међународном часопису са SCI листе и часописима националног значаја, као и на међународним и домаћим конференцијама.

С обзиром на постигнуте резултате, актуелност и сложеност обрађене теме, докторска дисертација кандидата задовољава постављене критеријуме у складу са постављеним хипотезама. Доприноси кандидата представљени у дисертацији, као и његови радови, квалификују Горана Зајића за самосталан научно истраживачки рад.

На основу претходног, Комисија констатује да је кандидат Горан Зајић, 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 посебним задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „ДЕТЕКЦИЈА КАДРОВА У ВИДЕО СЕКВЕНЦИ ПРИМЕНОМ МУЛТИФРАКТАЛНЕ АНАЛИЗЕ“ кандидата Горана Зајића прихвати, а затим упути Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду на коначно усвајање, као и давање одобрења кандидату да приступи усменој одбрани.

Београд, 02.12.2014.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



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



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



др Андреја Самчовић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет.