

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Ане Гавровске, дипл. инжењера

Одлуком 768. седнице Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду од 05.11.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Ане Гавровске, дипл. инжењера, под насловом „АНАЛИЗА КАРДИОСИГНАЛА ПОМОЋУ ДРУГЕ ГЕНЕРАЦИЈЕ ТАЛАСИЋА“.

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Ана Гавровска је уписана на докторске студије 2008. године. Тему докторске дисертације под насловом „Анализа кардиосигнала помоћу друге генерације таласића“ је пријавила 02.07.2012. године. Наставно-научно веће је 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 Драгана Шумарац-Павловић, доцент, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет,
3. др Десанка Радуновић, ванр. професор, Универзитет у Београду, Математички факултет,
4. др Мирјана Поповић, редовни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет,
5. др Миодраг Поповић, редовни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет.

Тема докторске дисертације Ане Гавровске је прихваћена од стране Универзитетског стручног већа 24.12.2012. године.

Наставно научно веће је 05.11.2013. године именovalo Комисију за преглед и оцену урађене докторске дисертације у саставу:

1. др Ирине Рељин, редовни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет,
2. др Драгана Шумарац-Павловић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет,
3. др Десанка Радуновић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Математички факултет,
4. др Мирјана Поповић, редовни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет,
5. др Миодраг Поповић, редовни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет.

1.2. Научна област дисертације

Предмет дисертације је развој модела за анализу кардиосигнала на основу клиничке релевантности појединих његових компоненти. Наиме, хипотеза од које се полази у истраживању кандидата односи се на употребу техника обраде сигнала које би омогућиле издвајање клинички релевантних локалних карактеристика записа и спречиле дисторзију оваквих налаза.

Употребом класичних техника филтрирања и стандардном применом дискретне таласне трансформације при филтрирању, често се утиче на компоненте кардиосигнала у домену високих фреквенција. Такође, последњих година посебно су од интереса технике за аутоматску анализу здравственог стања помоћу фонокардиографије које омогућавају постављање иницијалне дијагнозе на основу прибављеног записа, а у оквиру кардиолошких и телекардиолошких система за примарну здравствену заштиту.

У складу са хипотезом, предложени модел је оријентисан, пре свега, ка реалним фонокардиографским записима и записима педијатријских пацијената са пролапсом митралне валвуле због карактеристичног клик-налаза у домену високих фреквенција који не мора бити доминантне амплитуде. Циљ истраживања је да се развије модел заснован на употреби спектралних и спектрограмских техника у екстракцији клинички релевантних информација које би се могле искористити при адаптивном филтрирању у складу са дијагностичким налазом. Друга генерација таласића је искоришћена као ефикасан оквир за потребе филтрирања и омогућавање побољшане визуелне инспекције потенцијалне абнормалности.

Дисертација припада научној области Електротехника и рачунарство, ужа област Телекомуникације (подобласт Телемедицина) 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 у складу са пријављеном темом. Аутор је и коаутор радова у међународним часописима са импакт фактором који квалификују ментора за вођење ове дисертације, а који су наведени при пријави теме дисертације кандидата.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Ана Гавровска је рођена у Београду 1983. године, где се и школовала. Завршила је Основну школу “Старина Новак” 1998. године и Математичку гимназију у Београду 2002. године, као носилац Вукових диплома. Дипломирала је 2007. године на Електротехничком факултету, Универзитет у Београду, на одсеку Електроника, телекомуникације и аутоматика, смер Телекомуникације, са просечном оценом у току студија 9.33 (оцена на дипломском 10). Уписала је 2008. године докторске студије на Електротехничком факултету, Универзитет у Београду, смер Телекомуникације и информационе технологије, на којима је положила све, планом студија предвиђене, испите са оценом 10. Од 2012. године истраживач-сарадник на пројектима Иновационог центра Електротехничког факултета, Универзитет у Београду.

Ангажована је на реализацији и програму истраживања на домаћим пројектима:

- “Аутоматска детекција микрокалцификација у дигитализованом мамограму у циљу ране дијагнозе карцинома дојке” (евид.бр. 145096), од 2008-2010.
- “Развој висококвалитетних уређаја посебне намене на бази нових технологија кристалних јединки” (евид.бр. ТР32048), од 2011.
- “Развој дигиталних технологија и умрежених сервиса у системима са уграђеним електронским компонентама” (евид.бр. III44009), од 2011.

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

- европски пројекат COST 292 “Semantic multimodal analysis of digital media”, волонтерски рад,
- европски пројекат COST IC0604 “Anatomic Telepathology Network (EURO-TELEPATH)” , волонтерски рад,

- међународни пројекат анализе кардиосигнала “ECG, PCG, MCG analysis of heart activity”, EMRC - *European Medical Research Centre Ltd.*, Мађарска за UVA Corp. Canada, Project leader: Michael Domijan, 2007-2010.
- међународни пројекат INTELLI-CHAIR (интелигентна колица за хендикепиране особе, 2496) за PF-FOUNDATION из Хонг Конга, 2009-2011.
- европски пројекат COST IC1005 “HDRI- High Dynamic Range Images” i COST IC1002 “MUMIA - Multilingual and multifaceted interactive information access”.

Усавршавала се кроз бројне курсеве за области и пројекте на којима је радила. Најзначајнији пројекти и курсеви у којима је учествовала су:

- MUMIA Training School, Олимпијада, Халкидики, Грчка, у области претраживања и индексирања текстуалних, аудио и видео информација, 2012. (пројекат COST Action IC1002 “Multilingual and multifaceted interactive information access (MUMIA)”),
- HDRi Training School, Ren, Бретанја, Француска, у области побољшања динамичког опсега у обради слике, 2012 (пројекат COST Action IC1005 “HDRi: High Dynamic Range Imaging (Digital capture, storage, transmission and display of real-world lighting)”),
- IEEE International Measurement University 2011 у Trentu, Италија, у организацији IEEE Instrumentation & Measurement Society,
- Huawei летња школа 2010. (Shenzhen, Shanghai, Hangzhou, Hong Kong) обилазак Huawei изложбених простора и упознавање са радом логистичких центара Huawei компаније.

Рецензент је радова (TELFOR, NEUREL, EUSIPCO) и председавајући на неколико сесија за мултимедијалне системе (TELFOR). Члан организационог одбора конференције NEUREL. Члан IEEE од 2006. године. Члан IPTM групе за дигиталну обраду слике, телемедицину и мултимедију на Електротехничком факултету у Београду. Учествовала у припреми и реализацији лабораторијских вежби из области видео технологија и предмета Телемедицина. У оквиру предмета Видео системи и Телевизија помагала при упознавању студената са технологијом рада ТВ центра.

Ангажована 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 је: један рад објављен у часопису са SCI листе, 6 радова у домаћим часописима, 13 радова објављених у зборницима међународних конференција, као и 20 радова у зборницима домаћих конференција. Коаутор је неколико техничких решења и једног уџбеника (“Телемедицина”).

Добитник је неколико истакнутих признања (награда “Илија Стојановић”, “Мирко Милић”, “ЕТРАН” и др.) за радове који су у вези области дисертације.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата је написана на 123 стране технички добро обрађеног текста. Садржи списак скраћеница, 58 слика и 7 табела, као и литературу са 152 референце. Састоји се од девет поглавља:

1. Увод
2. Дигитални запис рада срца
3. Анализа кардиосигнала
4. Репрезентација и декомпозиција кардиосигнала
5. Друга генерација таласића и лифтинг шема
6. Адаптиван приступ у анализи кардиосигнала
7. Предложени модел за анализу кардиосигнала
8. Експериментални резултати предложених приступа у фонокардиографији
9. 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.

С обзиром на интердисциплинарност самог истраживања, у другом поглављу је дат кратак увод у могућности мониторинга дигиталног записа рада срца и његовог значаја за контролу здравственог стања. Предмет истраживања су кардиосигнали и то, пре свега, фонокардиограми који заузимају централно место у дисертацији. Представљен је типичан локални кардиолошки и телекардиолошки систем у оквиру којег се спроводи анализа кардиосигнала.

Треће поглавље је посвећено анализи кардиосигнала. Објашњено је шта се најчешће подразумева под анализом кардиосигнала. На примеру фонокардиограма, описан је начин аквизиције и основе сагледавања фундаменталних срчаних догађаја у кардиолошком запису. Такође, дат је увод у филтрирање кардиосигнала и отклањање шума.

У четвртм поглављу је приказан збирни преглед најчешће коришћених техника за репрезентацију, декомпозицију и филтрирање кардиосигнала, са посебним освртом на таласну трансформацију. Наведене су неке од основних предности дискретне таласне трансформације, али и других техника које су коришћене при истраживању, као што су спектралне и спектрограмске репрезентације за анализу садржаја фонокардиограма.

Пето поглавље је посвећено другој генерацији таласића и лифтинг шеми. Објашњена је стандардна двоканална FIR филтар банка и њена полифазна конструкција. Представљени су елементарни кораци лифтинг структуре за потребе филтрирања у временском домену. Наведене су предности употребе лифтинг шеме при реализацији дискретне таласне трансформације.

У шестом поглављу је објашњен значај детекције доминантних компонената ниских фреквенција и клинички релевантних компонената високих фреквенција за очување квалитета филтрираног сигнала. Представљене су могућности за адаптацију лифтинг шеме и реализацију модела за процесирање кардиосигнала у зависности од његових карактеристика.

Модел за анализу кардиосигнала и редукцију шума је описан у седмом поглављу. Представљени су нови приступи у детекцији доминантних интервала код фонокардиограма и анализи студије са утврђеном дијагнозом. Предложена је адаптивна примена лифтинг шеме у зависности од расположивости додатних информација о анализираном фонокардиограму.

Експериментални резултати предложеног модела у фонокардиографији су приказани у осмом поглављу. Представљени су резултати предложених приступа детекције компонената у нискофреквенцијском и високофреквенцијском домену. Приказани су резултати употребе дискретне таласне трансформације и предложеног модела у односу на стандардне технике филтрирања.

У деветом поглављу је дат преглед постигнутих резултата и изведених закључака. Наведени су доприноси дисертације. Дате су смернице за будућа истраживања у циљу даљег унапређивања квалитета анализе кардиосигнала.

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 интензивна истраживања аутоматских начина за анализу кардиосигнала у циљу што ефикасније дијагностике кардиоваскуларних болести. Последњих неколико година посебно су од интереса технике за анализу фонокардиограма у примарној здравственој нези пацијената, с обзиром на чињеницу да

се одређене аномалије могу адекватније регистровати фонокардиографијом у односу на електрокардиографију. Реч је о одабиру адекватног трансформационог домена за репрезентацију и декомпозицију фонокардиограма, где је могуће ефикасније сагледати релевантни садржај и где је таласна трансформација често истакнута као алат који даје задовољавајуће резултате.

У дисертацији кандидата је предлажен нови модел заснован на новим приступима здружене временско-фреквенцијске и мултифракталне анализе, где се декомпозиција употребом друге генерације таласића и лифтинг шеме показала као адекватно окружење за интегрисање расположивих информација о кардиосигналу, као што је фонокардиограм. На тај начин постиже се контрола над процесирањем сигнала при редукцији високофреквенцијског шума, али и очување клинички релевантних високофреквенцијских компоненти, што је показано на примеру пролапса митралне валвуле код педијатријских пацијената. Спроведена истраживања су показала да су се предложени приступи били погодни за анализу и верификацију потенцијалне аномалије и успешнији од постојећих, у литератури описаних, техника.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је у докторској дисертацији укупно навела 152 референце, које обухватају релевантне књиге и радове из међународних и домаћих часописа и конференција, значајне за предмет дисертације.

Литература обухвата релативно широк опсег доступних публикација, од старијих до савремених, чиме је обезбеђен целовит приступ одабраној проблематици. Изабрана је референтна литература за сагледавање основних приступа у анализи фонокардиограма, са освртом на електрокардиограме. Оваквим одабиром литературе, направљена је платформа дисертације у виду прегледа основних репрезентационих и декомпозиционих техника за анализу кардиосигнала. Посебна пажња је посвећена савременој литератури и актуелним трендовима при анализи кардиосигнала.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У изради дисертације коришћене су методе прикупљања и анализе постојећих доступних научних техника и резултата. У консултацији са лекарима, прикупљена су додатна сазнања о карактеристичним студијама и повећању ефикасности верификације потенцијалних аномалија помоћу кардиосигнала пре употребе техника скрининга ехокардиографије. Након приказа постојећих сазнања кроз литературу, спроведене су иницијалне анализе ефикасних алата у обради сигнала у циљу моделовања фонокардиограма, односно његове аутоматске сегментације и детекције карактеристичних налаза у виду поновљивих сингуларитета сигнала. Предложени модел за анализу фонокардиограма заснива се на аутоматским приступима и приказан је у једној компактној целини дисертације. Употребљена је здружена временско-фреквенцијска анализа и мултифрактална анализа за детекцију и локализацију потенцијалне аномалије.

Резултати истраживања су презентовани помоћу блок дијаграма, текстуално, дескриптивно, табелама и сликама. Предложени приступи су тестирани у случају ниског нивоа шума и у присуству Гаусовог шума. Резултати експерименталних тестирања су базирани на тест сигнаlima здравих пацијената и пацијената са познатом дијагнозом. Евалуација је обављена на записима који нису били саставни део тестирања. Експериментални резултати су адекватно презентовани и дискутовани. Избор научних метода које су коришћене у истраживању одређене су предметом и циљевима дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати докторске дисертације могу имати широку практичну примену у примарној нези пацијената. С обзиром да се све већи број система за анализу кардиосигнала заснива на напредним софтверским алатима, предложени модел може значајно допринети унапређењу анализе фонокардиограма педијатријских пацијената у односу на употребу стандардних техника анализе и аускултације, али и спречити употребу комплексних техника скрининга у

случајевима када то није неопходно. Добијени резултати су значајни и настали су анализом и синтезом постојећих сазнања, али и имплементацијом познатих техника обраде сигнала у нов модел за анализу реалних кардиосигнала у примарној здравственој заштити.

Приказани резултати предложеног модела, као и његова евалуација, односе се на конкретне примере из праксе, записе педијатријских пацијената са здравим срцем и пацијената са пролапсом митралне валвуле. Тиме је остварена верификација развијених приступа и добијених резултата који су изнети у дисертацији.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Ана Гавровска је стекла велико искуство радећи на међународном пројекту чији је предмет био анализа срчаних ритмова на основу електрокардиограма и фонокардиограма. Објавила је преко 40 радова у часописима (један часопис са SCI листе) и зборницима конференција. Већина радова припада области дисертације. Неколико радова је цитирано у иностраној литератури, часописима и међународним конференцијама. Неколико радова Ане Гавровске из ове области је добило угледне награде. Део истраживања је објављен у часопису са SCI листе, и реферисан на више међународних и домаћих научних скупова.

На основу остварених резултата који су приказани у дисертацији може се закључити да је кандидат показала способност да креативно приступи истраживању, уочи недостатке у постојећим решењима за анализу кардиосигнала и успешно спроведе истраживање у циљу њиховог унапређења. У дисертацији Ане Гавровске је показано да је она способна за самостални научни рад, што достигнути резултати и систематичност, мултидисциплинарност и оригиналност при научно-истраживачком раду само потврђују.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Кандидат Ана Гавровска је остварила вредне научне доприносе приказане у докторској дисертацији. Прегледом расположиве литературе и пресеком постојећих сазнања о аутоматској анализи примарних кардиосигнала учињен је важан допринос у истраживању оваквих реалних сигнала кроз:

- преглед и анализу стандардних техника за уклањање шума код примарних кардиосигнала укључујући преглед најчешћих параметара коришћених при стандардном уклањању шума употребом таласне трансформације;
- преглед и анализу важних својстава расположивих техника филтрирања заснованих на другој генерацији таласића и лифтинг шеме укључујући преглед расположивих структура и самоподешавајућих приступа код лифтинг шеме;
- преглед техника за потребе анализе и сегментације релевантних интервала код примарних кардиосигнала, пре свега фонокардиограма, употребом здружених временско-фреквенцијских репрезентација и спектралних приступа.

Научни доприноси у дисертацији кандидата се могу сагледати кроз:

- дефинисање и предлог новог алгоритма за потребе сегментације виброакустичних сигнала, са освртом на електрокардиограме;
- дефинисање и предлог новог алгоритма за детекцију клик-налаза код фонокардиограма;
- дефинисање и предлог новог модела за самоподешавајуће филтрирање примарних кардиосигнала употребом друге генерације таласића и сегментационе технике (у складу са потенцијалним налазима у сигналу);
- компаративна анализа предложеног модела са постојећим техникама филтрирања и пример студије са утврђеном дијагнозом;
- примена методологије за потребе самосталне анализе примарних кардиосигнала, пре свега фонокардиограма.

Најзначајнији допринос докторске дисертације је развој модела за анализу фонокардиограма у виду детекције карактеристичних сингуларитета важних за дијагностику који нису доминантне амплитуде, а на које се неадекватним избором технике филтрирања може утицати.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Предложени начин филтрирања представља значајно унапређење у односу на постојеће технике, јер зависи од индикације о потенцијалној егзистенцији сингуларитета важних за дијагностику. Кандидат је у докторској дисертацији истраживао које се технике аутоматске анализе најчешће користе код примарних кардиосигнала. Истраживање је засновано на обимној литератури постојећих приступа за: филтрирање, сегментацију и карактеризацију карактеристичних срчаних догађаја. На основу расположиве литературе, истраживачки рад је усмерен ка реализацији унапређеног модела за анализу фонокардиограма у коме се може обавити верификација дијагностички релевантних обележја у домену високих фреквенција, као што је клик-синдром, чак и у случају када постоји потреба за редукцијом шума.

Критичком анализом се може констатовати да се при редукцији шума код примарних кардиосигнала ретко води рачуна о компонентама у домену високих фреквенција при употреби постојећих класичних техника филтрирања, али и при стандардној употреби таласне трансформације која се истиче као једна од најефикаснијих приступа. Додатно, у појединим досадашњим истраживањима је разматрана употреба локације доминантних сингуларитета и расположивост "чистог" сигнала, што није случај у пракси. Предложени модел омогућава да се редукција шума обави и у случају када клинички релевантни сингуларитети нису доминантни, што до сада није разматрано.

То је показано на примеру клик-налаза код педијатријских пацијената, који садрже овакве сингуларитете, па је развијен нови приступ за детекцију оваквих сигнала. Приступи који разматрају разликовање записа на нивоу дијагностике има веома мало и сваки сличан допринос се може сматрати веома важним у пракси. Постојеће технике за анализу фонокардиограма се обично заснивају на употреби анvelopа, спектралних и спектрограмских приступа. Предложени модел показује одличне резултате у односу на постојеће приступе и омогућава самосталну анализу фонокардиограма (без снимања синхронизованог електрокардиограма, што је у расположивој литератури најчешће случај).

Предложени модел је прилагођен раду са педијатријским фонокардиографским записима. С обзиром да је рађено на великом броју сигнала из праксе, може се очекивати да предложен модел има значајну практичну примену. Будућим истраживањем може се проширити новим сазнањима о фонокардиограмима и дијагностици, али и прилагодити у односу на разматрани кардиосигнал у циљу квалитетне анализе.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат је објавила 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.

Радови у научним часописима са SCI листе

1. **Ana Gavrovska**, Goran Zajić, Irini Reljin, and Branimir Reljin, "Classification of Prolapsed Mitral Valve versus Healthy Heart from Phonocardiograms by Multifractal Analysis", *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, vol. 2013, Article ID 376152, 10 pages, 2013. doi:10.1155/2013/376152, IF=0.791, ISSN: 1748-670X (Print), ISSN: 1748-6718 (Online), M23, <http://www.hindawi.com/journals/cmmm/2013/376152/>.

Међународни и домаћи часописи

2. **A. Gavrovska**, M. Paskaš, V. Kovačević, I. Reljin, "Renal DMSA Scan Morphology Analysis using Undecimated Wavelet Transform and Isocontours", *International Journal of Reasoning-based Intelligent Systems*, Vol. 5, No. 1, 2013. (ISSN online 1755-0564) M53.

3. V. Bogdanović, I. Božić, **A. Gavrovska**, V. Jakovljević, "Phonocardiography-based mitral valve prolapse detection using artificial neural network," *Serbian Journal of Experimental and Clinical Research*, 2013. (BIČ IF5 0.320, ISSN 1820-8665) PK52, M52.
4. **A. M. Gavrovska**, M. P. Paskaš, and I. S. Reljin, "Wavelet Denoising within the Lifting Scheme Framework", *Telfor Journal*, Vol. 4, No. 2, pp. 101-106, 2012. (ISSN 1821-3251) M53.
5. **A. Gavrovska**, M. Paskaš, I. Reljin, D. Jevtić, D. Dujković, B. Reljin, "Review of Selected Techniques for Cardiosignal Analysis", *MD medical review*, Supplement, Selected papers, May 2009 - March 2011, Vol. 2, No. 4, pp. 341-347, April 2011. (ISSN 1821-1585); re-printed M53.
6. **A. M. Gavrovska**, M. P. Paskaš, I. S. Reljin, "Determination of Morphologically Characteristic PCG Segments from Spectrogram Image", *Telfor Journal*, Vol. 2, No. 2, pp. 74-77, 2010. (ISSN 1821-3251) M53.

Радови на међународним научним скуповима

7. **A. Gavrovska**, G. Zajić, I. Reljin, V. Bogdanović, B. Reljin,, "Second Generation Wavelets: Advantages in Cardiosignal Processing", *Proc. of 11th Int. Conf. TELSIKS*, Serbia, Nis, October 16-19, 2013. (IEEE Catalog Number: CFP13488-CDR, ISBN: 978-1-4799-0900-1) M33.
8. **A. Gavrovska**, M. Slavković, I. Reljin, B. Reljin, "Application of wavelet and EMD-based denoising to phonocardiograms," *Proc. 11-th International Symposium on Signals, Circuits and Systems*. ISSCS 2013, July 11 - 12, 2013, Iasi, Romania.(ISBN 978-1-4673-6143-9/13) M33.
9. **A. M. Gavrovska**, M. S. Slavković, M. P. Paskaš, D. M. Dujković, and I. S. Reljin, "Joint time-frequency analysis of phonocardiograms", *Proc. 11th Conf. NEUREL 2012*, pp.177-180, Belgrade, Serbia, September 20-22, 2012. (IEEE Catalog Number: CFP12481-PRT, ISBN: 978-1-4673-1570-8) M33.
10. **A. Gavrovska**, M. Paskaš, I. Reljin, "An Example of Wavelet Denoising using Lazy Transform and the Lifting Scheme", *19. Telekomunikacioni forum*, TELFOR str. 615-618, Srbija, Beograd, nov. 22-24, 2011. (IEEE Catalog Number: CFP1198P-CDR, ISBN 978-1-4577-1498-6) M33.
11. **A. M. Gavrovska**, M. P. Paskaš, D. M. Dujković, I. S. Reljin, "Region-based Phonocardiogram Event Segmentation in Spectrogram Image", *Proc. 10th Conf. NEUREL 2010*, pp.69-72, Serbia, Belgrade, September 23-25, 2010. (IEEE Catalog Number: CFP10481-PRT, ISBN: 978-1-4244-8818-6). M33
12. **A. Gavrovska**, D. Jevtić, B. Reljin, "Selection of Wavelet Decomposition Levels in ECG Filtering", *Proc. 9th Int. Conf. TELSIKS, Volume 2, SP II.3*, pp. 221-224, Serbia, Nis, October 7-9, 2009. (IEEE Catalog Number: CFP09488-PRT, ISBN: 978-1-4244-4381-9 (IEEE), 978-86-85195-80-8 (FEE), Library of Congress Numbers: 2009902623) M33

Зборници са домаћих конференција

13. M. Milivojević, **A. Gavrovska**, M. Paskaš "Korisnički grafički interfejs za analizu fonokardiogramu", *EK2.5, 57. konf. ETRAN 2013*, Zlatibor 3 – 6. juna 2013. (ISBN: 978-86-80509-68-6) M63
14. **A. M. Gavrovska**, M. P. Paskaš, D. M. Dujković, I. S. Reljin, "Whole Fundamental Heart Sound ANN-based Detection using Simple Features", *18. Telekomunikacioni forum TELFOR*, str. 571-574, Srbija, Beograd, novembar 23-25, 2010. (ISBN 978-86-7466-392-9). M63
15. **A. Gavrovska**, M. Paskaš, I. Reljin, „Direktna primena slike skalograma u odredjivanju morfološki karakterističnih PCG segmenata", *Naučno-stručni Simpozijum INFOTEH*, Jahorina, E1-14, 17 - 19. mart, 2010. (ISBN-99938-624-2-8). M63
16. **A. Gavrovska**, D. Jevtić, "Detekcija oblika murmura u fonokardiogramu u vremenskom domenu", *53. konf. ETRAN, EK2.2-1-4*, Srbija, Vrnjačka Banja, 15-18. juna, 2009. (ISBN 978-86-80509-64-8). M63
17. Dubravka Jevtić, **Ana Gavrovska**, "Predobrada kardiosignala pomoću double-density wavelet transformacije", *53. konf. ETRAN 2009, EK1.6-1-4*, Srbija, Vrnjačka Banja, 15-18. juna, 2009. (ISBN 978-86-80509-64-8). M63

Књига, уџбеник

18. I. Reljin, **A. Gavrovska**, *Telemedicina*, Prvo izdanje, Akademska misao, Beograd 2013. (elektronsko izdanje) ISBN 978-86-7466-457-5, UDK: 616-07:621.39(075.8), COBISS.SR-ID 198019596.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Ане Гавровске даје значајан допринос у сагледавању могућности анализе кардиосигнала и фонокардиограма као репрезентативног примера који се употребљава у примарној нези пацијената. У многим случајевима, посебно код педијатријских пацијената, аускултација и фонокардиографија дају бољи увид у потенцијалну патофизиологију од других кардио сигнала. Посебну пажњу Ана Гавровска је посветила детекцији основних срчаних догађаја (главних срчаних тонова S1/S2 без ЕКГ сигнала као референце) који су у домену ниских фреквенција, уз задржавање релевантних компоненти из домена високих фреквенција, које могу указати на абнормалност, као што је клик-синдром. У ту сврху је предложила нови приступ базиран на здруженој временско-фреквенцијској репрезентацији и мултифракталној анализи. Предложена метода је верификована на великом броју реалних сигнала педијатријских пацијената из домаће клиничке праксе. Метода обезбеђује аутоматску анализу кардио сигнала и може послужити као помоћна при дијагностици педијатријских пацијената, посебно при детекцији клик-синдрома, што има утицај на унапређење здравствене заштите.

На основу изложеног констатујемо да докторска дисертација кандидата Ане Гавровске садржи оригиналан допринос у виду анализе кардиосигнала у временском домену. Резултати истраживања из ове дисертације су верификовани публикавањем у међународном часопису са SCI листе и часописима националног значаја, као и на међународним и домаћим конференцијама.

С обзиром на постигнуте резултате, као и мултидисциплинарност, актуелност и сложеност обрађене теме, докторска дисертација кандидата задовољава постављене критеријуме у складу са постављеним хипотезама. Доприноси кандидата представљени у дисертацији, као и њени радови и добијене награде показују способност Ане Гавровске за самосталан научно истраживачки рад.

На основу претходног, Комисија констатује да је кандидат Ана Гавровска, дипломирани инжењер електротехнике, испунила 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 „АНАЛИЗА КАРДИОСИГНАЛА ПОМОЋУ ДРУГЕ ГЕНЕРАЦИЈЕ ТАЛАСИЋА“ кандидата Ане Гавровске прихвати, а затим упуту Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду на коначно усвајање, као и давање одобрења кандидату да приступи усменој одбрани.

У Београду, 07.11.13.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

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

др Десанка Радуновић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Математички факултет

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

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