

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Бранке Стојановић**.

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду бр. 5036/09-3 од 26.05.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње **Бранке Стојановић** под насловом

„Раздвајање преклопљених отисака прстију базирано на технологији машинског учења“

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња Бранка Стојановић (рођена Тешановић) уписала је докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду 04.12.2009. године. Испите на докторским студијама положила је са просечном оценом 10.

Кандидаткиња је 6.10.2016. године пријавила тему за израду докторске дисертације под насловом „Раздвајање преклопљених отисака прстију базирано на технологији машинског учења“.

Комисија за студије трећег степена разматрала је 11.10.2016. године предлог теме за израду докторске дисертације и упутила предлог Комисије за оцену подобности теме и кандидата на усвајање Наставно-научном већу Електротехничког факултета.

На 804. седници Наставно-научно веће је именовало Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5036/09-1 од 9.11.2016.) у саставу:

1. др Ирени Рељин, редовни професор (Универзитет у Београду - Електротехнички факултет),
2. др Никола Томашевић, научни сарадник (Институт Михајло Пупин),
3. др Вујо Дрндаревић, редовни професор (Универзитет у Београду - Електротехнички факултет) и
4. др Милан Бјелица, ванредни професор (Универзитет у Београду - Електротехнички факултет).

На 807. седници одржаној 13.12.2016. године, Наставно-научно веће је усвојило Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5036/09-2). За ментора дисертације именован је др Александар Нешковић, редовни професор. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације (број одлуке 61206-203/2-17 од 30.01.2017. године).

Кандидаткиња је 4.5.2017. године предала докторску дисертацију на преглед и оцену. Комисија за студије трећег степена потврдила је 9.5.2017. године испуњеност потребних услова за подношење предлога за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације Наставно-научном већу Електротехничког факултета. На 813. седници одржаној 16.05.2017. године, Наставно-научно веће именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације под насловом „Раздвајање преклопљених отисака прстију базирано на технологији машинског учења” (број одлуке 5036/09-3 од 26.05.2017. године) у саставу: др Александар Нешковић, редовни професор (Универзитет у Београду - Електротехнички факултет), др Ирини Рељин, редовни професор (Универзитет у Београду - Електротехнички факултет), др Никола Томашевић, научни сарадник (Институт Михајло Пупин), др Вујо Дрндаревић, редовни професор (Универзитет у Београду - Електротехнички факултет) и др Милан Бјелица, ванредни професор (Универзитет у Београду - Електротехнички факултет).

Кандидаткиња је у току докторских студија два пута користила статус мировања (школске 2012/13 и 2015/16) због трудничких боловања.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација Бранке Стојановић под насловом „Раздвајање преклопљених отисака прстију базирано на технологији машинског учења” припада научној области електротехника и рачунарство, ужој научној области телекомуникација и дигиталне обраде сигнала/слике, за коју је матични факултет Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

Ментор докторске дисертације је др Александар Нешковић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Професор др Александар Нешковић се дуги низ година бави научноистраживачким радом у области телекомуникација, што је потврђено релевантним радовима који су наведени приликом пријаве теме докторске дисертације кандидата.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Бранка Б. Стојановић, девојачко Тешановић, рођена 23.11.1983. године у Чачку, Република Србија. Запослена је у Институту *Vlatacom*.

Завршила је гимназију „Вук Караџић“ у Лозници 2002. године. Исте године уписала је Електротехнички факултет у Београду, Одсек за електронику, телекомуникације и аутоматiku, смер за телекомуникације, по петогодишњем наставном програму. Дипломирала је у септембру 2008. године. Студије је завршила са просечном оценом 8.38 и оценом 10 на дипломском испиту са темом „3G еволуција: *HSPA* и *LTE*“, са ментором проф. др Александром Нешковићем. Докторске академске студије на Електротехничком факултету у Београду уписала је 2009. године.

По дипломирању, од октобра 2008. године, запослена је у компанији *Vlatacom*, која од 2015. године послује као институт. У Институту *Vlatacom* ради на позицији архитектке

система, са фокусом на пројектовању и анализи информационих система за специјалне намене у областима безбедности, биометрије и рачунарских мрежа.

У марту 2015. год. изабрана је у звање истраживач сарадник од стране Научног већа Електротехничког факултета у Београду.

Поседује следеће сертификате и специјализације: CISSP; ISO 27001:2005 *Internal Auditor*; ITIL *Foundation Examination*; ISO/IEC 20000-1:2011 *Internal Auditor*; CCNA *Security*; CCNA *Routing and Switching*.

Завршила је следеће курсеве: *Project management: the basics for success*, Coursera, Irvine, University of California; *An introduction to operations management*, Coursera, Wharton, University of Pennsylvania; *Machine learning*, Coursera, Stanford University; *Introduction to artificial intelligence*, Coursera, Stanford University; LITA L100, РЦ ЕТФ.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација је написана на 120 страна текста куцаног латиничним писмом и садржи 52 слике, 13 табела и 107 библиографских референци. Такође, дисертација садржи насловну страну на српском и енглеском језику, страну са подацима о ментору и члановима комисије, кратак резиме дисертације на српском и енглеском језику, садржај, увод и осам тематских поглавља, преглед коришћене литературе, и списак скраћеница. Поглавља дисертације су насловљена на следећи начин: 1. Увод, 2. Системи за поређење латентних отисака прстију, 3. Креирање нове базе вештачки преклопљених отисака прстију, 4. Сегментација преклопљених латентних отисака прстију, 5. Сегментација преклопљених латентних отисака прстију базирана на машинском учењу, 6. Побољшање квалитета преклопљених отисака прстију, 7. Раздвајање преклопљених отисака прстију базирано на машинском учењу, 8. Поређење резултата и 9. Закључак.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Значај теме, као и циљеви истраживања и полазне хипотезе, дати су у уводном поглављу.

У оквиру главе 2 представљени су основни концепти дизајна система за поређење латентних отисака прстију, као и компоненте система тог типа. Како се сам процес поређења отисака састоји из два основна стадијума – *пре* и *после* издвајања карактеристика за поређење, основни кораци садржани у оба стадијума су описани у оквиру ове главе, са посебним освртом на преклопљене латентне отиске прстију. У овој глави су описане и постојеће, јавно доступне, базе латентних отисака прстију.

У оквиру главе 3 описани су проблеми који су карактеристични за постојеће базе преклопљених отисака, постављени основни захтеви у изради нове, јавно доступне, свеобухватније базе (*VID*), са значајно већим бројем узорака у односу на постојеће, и детаљно описане карактеристике нове базе.

У оквиру главе 4 представљени су основни концепти и специфичности сегментације преклопљених латентних отисака прстију. Пошто мануелна сегментација представља стандард у обради преклопљених латентних отисака прстију (не постоји аутоматска метода за сегментацију компонентних отисака прстију са слике преклопљених отисака), дат је осврт на постојећа аутоматска решења за сегментацију појединачних латентних отисака прстију са слике на којој поред отиска постоји и шум позадине, али не и остаци било ког другог отиска,

као основ од ког треба кренути у решавању овог проблема. У овој глави су описане и метрике за евалуацију алгоритама за сегментацију.

У глави 5 су описане две нове методе за сегментацију појединачних латентних отисака прстију од позадине, засноване на неуралним мрежама (NN) – једна базирана на вредностима пиксела блокава слике отиска, друга базирана на Фуријеовим коефицијентима рачунатим над датим блоковима слике отиска. Пошто је метода заснована на Фуријеовим коефицијентима дала боље резултате, тестирана је уз мале измене на проблему сегментације преклопљених отисака. Резултати тестирања су дати у овој глави. Као најважнији део главе 5 детаљно је описана нова метода за сегментацију преклопљених отисака прстију заснована на машинском учењу. Метода се базира на конволуционим неуралним мрежама (CNN), које су део *Deep Learning* алата. Понуђена метода, на основу блокова слике преклопљених отисака, и претходно трениране CNN класификује блокове као блокове позадине, блокове непреклопљеног региона и блокове преклопљеног региона. Детаљно су описани експерименти на основу којих су одређени оптимални параметри алгорита. Понуђена метода је додатно упоређена са претходном методом, заснованом на Фуријеовим коефицијентима и неуралним мрежама, која је указивала на оправданост мануелне сегментације. Као што је показано, понуђена метода даје добре резултате, значајно боље у односу на претходну методу и отвара поље за ново истраживање и развој потпуно аутоматске методе за раздвајање отисака прстију.

У глави 6 су представљени основни концепти и специфичности поступака побољшања квалитета преклопљених латентних отисака прстију. Дата је детаљна анализа постојећих аутоматских решења за два основна корака овог процеса - одређивање иницијалног оријентационог поља и раздвајање оријентација. Циљ процеса описаног у овој глави је био добијање узорака који су погодни за даљу обраду стандардним алатима за препознавање појединачних отисака прстију. Погодним узорцима се сматрају компонентни отисци прстију, ослобођени делова другог отиска.

У глави 7 је детаљно описана нова метода за раздвајање преклопљених отисака прстију заснована на машинском учењу. Метода се базира на неуралним мрежама и 2D Фуријеовој трансформацији. Понуђена метода, на основу одзива 2D Фуријеове трансформације блокова слике отисака и претходно тренираних неуралних мрежа, раздваја преклопљене отиске прстију са слике. Циљ саме методе је добијање компонентних отисака прстију, као независних отисака, ослобођених остатака другог отиска и шума који потиче од остатака форензичког праха.

У оквиру главе 8 су детаљно приказани резултати тестирања понуђене методе раздвајања отисака базиране на неуралним мрежама. Метода је тестирана на две јавно доступне базе - *Tsinghua OLF* и *Tsinghua SOF*, а резултати су приказани упоредо са резултатима осталих метода из литературе, у циљу поређења. Метода показује добре перформансе, нарочито на бази са реалним латентним отисцима (*OLF*), где надмашује резултате до сада предложених метода. Поред резултата, описана је и методологија евалуације, као и примери случајева где метода показује извесна ограничења, а такође су приказана и прелиминарна истраживања и поређења перформанси нове, *VID* базе, у односу на постојеће.

Глава 9 садржи закључна разматрања и доприносе истраживања спроведеног у оквиру докторске дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација припада ужој научној области телекомуникација и дигиталне обраде сигнала, прецизније области анализе и побољшања слике, коришћењем техника машинског учења. Проблем који је обрађен у дисертацији се односи на побољшање преклопљених отисака прстију. Може се рећи да је практично немогуће прецизно обрадити преклопљене отиске прстију савременим алгоритмима за препознавање. Ова чињеница је подстакла развој више алгоритама за раздвајање таквих отисака пре саме процедуре препознавања. Резултати понуђених алгоритама су охрабрујући, али ближи поглед на технологије и претпоставке које користе, као и на јавно доступне базе преклопљених отисака које служе за верификацију резултата, указују на то да сви аспекти проблема нису покривени у потпуности и да је проблем и даље јако актуелан у погледу развоја и побољшања. Осетљивост проблема (поуздано препознавање појединаца) поставља као основни захтев високу поузданост препознавања, где је побољшање перформанси постојећих система веома значајан и изразито актуелан задатак.

Затим, изазов представља и развој потпуно аутоматизованог алгорита за раздвајање отисака (све постојеће методе укључују барем мануелну сегментацију региона компонентних отисака на слици преклопљених отисака), који укључује и развој поузданијих јединица мере перформанси алгоритама за аутоматску сегментацију компонентних отисака. Такође, развој већих база преклопљених отисака, које би служиле као де факто стандард за експерименталне провере, још је један од актуелних задатака за развој. Ово оправдава савременост дисертације.

Оригиналност рада презентованог у докторској дисертацији огледа се у развоју нове методе за раздвајање отисака, базиране на неуралним мрежама, која обезбеђује већу поузданост препознавања у односу на постојеће методе. Такође, дисертација нуди и нову, и прву аутоматску, методу за сегментацију региона компонентних отисака прстију на слици преклопљених отисака, која се базира на *Deep Learning* техници. У дисертацији је такође представљена и нова база преклопљених отисака прстију, која садржи 120.000 узорака. Ово такође оправдава савременост дисертације.

Оригиналност идеје потврђена је позитивном оценом рецензената приликом публиковања два рада у врхунском међународном часопису.

С обзиром на значај истраживања који проистиче из савремености и актуелности описане проблематике, Комисија сматра да дисертација кандидата задовољава све прописане стандарде.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Литература коришћена у дисертацији пажљиво је одабрана и садржи најважније радове који покривају посматрану научну област. Велики број радова новијег је датума што указује на актуелност одабране проблематике. На основу обима коришћене литературе може се закључити да је кандидат имао темељан увид у досадашње доприносе у овој и блиским научним областима. Наведено је укупно 111 библиографских референци. Листа укључује и 6 радова које је кандидат објавио током израде докторске дисертације, а који су директно проистекли из рада на дисертацији.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија која се користи у докторској дисертацији почиње са систематском анализом доступних решења за раздвајање преклопљених отисака прстију, као првом фазом истраживања. Посебан осврт је дат на технологије које се користе, њихову актуелност и перформансе, као и на ограничења. Утврђен је неопходан ниво мануелне интервенције за сваки доступни алгоритам и извршено униформно поређење перформанси и карактеристика најзначајнијих решења. Такође, посебна пажња је посвећена и проблему сегментације региона компонентних отисака, за који не постоји објављено аутоматизовано решење. Битан део ове фазе је и систематска анализа јавно доступних база са узорцима за тестирање и верификацију алгоритама, са освртом на њихове карактеристике у смислу реалне представе преклопљених отисака прстију који се јављају у реалним окружењима и величину базе. Извршена је и анализа јединица мере које служе за тестирање и поређење перформанси постојећих решења.

Друга фаза истраживања подразумева развој нове методе за раздвајање преклопљених отисака прстију са циљем остварења бољих перформанси препознавања компонентних отисака прстију у односу на постојеће методе. Нова метода се базира на технологији машинског учења - неуралним мрежама. Ова фаза подразумева и проналажење одговарајуће базе отисака за тренирање неуралне мреже која омогућава оптималну примену решења за широки спектар улазних узорака. Битан део ове фазе је и проналажење оптималног система за исправљање грешака које настану у иницијалном процесу раздвајања, као и побољшање квалитета компонентних отисака на излазу система. У оквиру ове фазе истраживања спроведено је поређење понуђеног решења са постојећим решењима на униформан начин.

Трећа фаза истраживања подразумевала је развој аутоматске методе за сегментацију региона компонентних отисака прстију са слике преклопљених отисака (овај корак се обавља ручно у свим досадашњим приступима), која се базира на *Deep Learning* техници. Како *Deep Learning* техника захтева базе за тренирање са великим бројем узорака, ова фаза је укључила и креирање свеобухватније базе узорака преклопљених отисака прстију (*VID*) која садржи велики број узорака (120.000) и одговора на захтеве утврђене у првој фази истраживања.

На основу изложеног Комисија констатује да су примењене научне методе адекватне за решавање постављених проблема и да су довеле до остваривања циљева докторске дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Отисци прстију су широко распрострањени биометријски модалитет, са бројним применама које се могу сврстати у две основне групе - цивилне и истражне апликације. У цивилне апликације спадају нпр. контрола пасоша приликом преласка граница, затим различите примене аутоматске идентификације помоћу личних карата и идентификационих картица разних намена... Други тип примене су истражне апликације, где се отисци прстију узимају са места злочина. Овакви отисци се узимају са површина различите текстуре и боје, и често представљају само фрагменте отисака јако лошег квалитета, са доста шума. Овакви отисци се називају трагови или латенти, и представљају прави изазов са становишта обраде слике и поузданог препознавања.

Преклопљени отисци се могу јавити и у цивилним апликацијама приликом узимања отисака помоћу професионалних скенера, због задржане површине скенера. Такође, у истражним процесима, преклопљени отисци су веома честа појава, управо због специфичности примене и неконтролисаног окружења.

Основни циљ истраживања је повећање поузданости препознавања компонентних отисака у односу на постојеће методе, мерено постојећим јединицама мере и на постојећим базама, у циљу што поузданијег поређења са постојећим методама, као и смањивање мануелног

ангажовања у току процеса раздвајања на најмању могућу меру. Значај истраживања се огледа у сталној актуелности теме и константној потреби за бољим перформансама система, као и у чињеници да су досадашња истраживања и понуђене методе оставиле доста простора и задатака за даљи развој.

Остварени резултати се могу применити за повећање поузданости препознавања преклопљених отисака прстију узетих у реалним окружењима у односу на постојеће методе.

Такође, развијена је прва аутоматска метода за сегментацију региона компонентних отисака прстију, која може да замени досадашњу праксу мануелне сегментације, присутне у свим понуђеним решењима, и омогући потпуно аутоматско раздвајање преклопљених отисака прстију.

Нова база преклопљених отисака прстију (*VID*), представља статистички доста значајнију базу отисака у односу на постојеће, зато што садржи значајно већи број узорака (120.000 у односу на 100 узорака присутних у две постојеће базе) и додатне варијације параметара коришћених приликом креирања базе (угао између компонентних отисака, општи осветљај слике, додати шум који представља шум који потиче од остатака форензичког праха, додатне информације о квалитету самих слика преклопљених отисака у смислу утицаја на процес препознавања). Нова база се може користити за процесе тренирања и тестирања захтевних система базираних на *Deep Learning* техници.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу прегледане дисертације Комисија процењује да је кандидат Бранка Стојановић показала способност за самостални научни рад, почевши од систематичног прегледа постојеће научне литературе, преко уочавања практичних проблема и потребе за повећањем ефикасности метода за раздвајање преклопљених отисака прстију, затим потребе за развојем аутоматизоване методе за сегментацију региона компонентних отисака прстију, која се у свим објављеним приступима обавља мануелно, као и потребе за већом базом преклопљених отисака прстију, па до развоја оригиналних процедура, метода и модела. У прилогу поменутом је и чињеница да је кандидаткиња објавила низ научних радова који су проистекли из дисертације, а у којима се појављује као први аутор.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Основни научни доприноси који су остварени у оквиру докторске дисертације огледају се у следећем:

- Истраживање спроведено у оквиру докторске дисертације дало је нову методу за раздвајање преклопљених отисака прстију, базирану на неуралним мрежама. Ово је прва метода која користи неуралне мреже за проблем раздвајања преклопљених отисака прстију.
- Понуђена метода има веома добре перформансе, које су надмашиле перформансе свих до сада објављених приступа на *Tsinghua OLF* бази, која садржи праве латентне отиске, са израженим шумом који потиче од форензичког праха. Са друге стране, на *Tsinghua SOF* бази понуђена метода постиже, такође, добре резултате, друге после најбољег приступа. Понуђена метода користи минимални ниво мануелне интервенције, који је присутан и у осталим радовима – мануелну сегментацију маски региона компонентних отисака прстију.

- У оквиру истраживања развијене су две аутоматске методе за сегментацију преклопљених отисака прстију. Прва метода, базирана на неуралним мрежама и Фуријеовим коефицијентима, није постигла довољно добре перформансе и указала је на оправданост коришћења мануелне сегментације. Нова аутоматска метода за сегментацију преклопљених отисака прстију базира се на *Deep Learning* техници оптимизованој за рад са сликама - конволуционим неуралним мрежама (*CNN*). Резултати сегментације помоћу ове методе указују на изразиту супериорност понуђене методе за издвајање региона од интереса на слици преклопљених отисака у односу на методу базирану на неуралним мрежама и Фуријеовим коефицијентима. Добијени резултати, поред супериорности понуђене методе у односу на претходну, указују и на чињеницу да понуђена метода, због добрих перформанси, отвара простор за развој потпуно аутоматизованог алгорита за раздвајање отисака. Понуђена метода представља прву аутоматску методу за сегментацију региона отисака и представља значајан напредак ка развоју потпуно аутоматског система за раздвајање преклопљених отисака прстију, што је врло актуелно и отворено поље за даљи развој.
- Додатно, у оквиру истраживања развијена је нова, јавно доступна база вештачки преклопљених отисака прстију - *VID*, са следећим особинама:
 - доста већи број узорака у односу на постојеће базе (120.000 узорака);
 - логичне варијанте параметара (са/без шума, различит осветљај, различити углови између компонентних отисака);
 - постојање информација о броју и позицији сингуларних тачака на преклопљеном региону;
 - дистрибуција нивоа преклапања која подсећа на Гаусову;
 - јавна доступност за потребе научних истраживања.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем постављених хипотеза, циљева истраживања и остварених резултата констатујемо да је кандидаткиња успешно одговорила на сва релевантна питања за решавање проблема дефинисаног предметом истраживања. Систематичан преглед постојеће научне литературе и уочавање практичних проблема и потребе за повећањем ефикасности метода за раздвајање преклопљених отисака прстију, развој нове методе за раздвајање преклопљених отисака прстију засноване на неуралним мрежама која даје већу ефикасност на бази реалних латентних отисака прстију у односу на претходне методе, затим развој аутоматизоване методе за сегментацију региона компонентних отисака прстију, која се у свим објављеним приступима обавља мануелно, као и развој статистички значајне базе преклопљених отисака прстију, која садржи значајно већи број узорака у односу на постојеће базе, а такође укључује и већи број варијација параметара коришћених приликом креирања базе, представљају значајан научни допринос у области телекомуникација и информационих технологија, што је и верификовано објављивањем резултата истраживања у престижном часопису од међународног значаја, као и на конференцијама од међународног значаја.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидаткиња је објавила више радова у вези са темом докторске дисертације, чији су резултати директно проистекли из дисертације или су тесно везани са истраживањем спроведеним у оквиру ње:

Категорија M21:

1. **B. Stojanović**, A. Nešković, O. Marques „A novel neural network based approach to latent overlapped fingerprints separation”, *Multimedia Tools and Applications, Springer US*, Jun 2016, pp. 1-25, doi: 10.1007/s11042-016-3696-4, ISSN 1380-7501, (IF=1.331).
2. **B. Stojanović**, O. Marques, A. Nešković „Latent overlapped fingerprint separation: a review”, *Multimedia Tools and Applications, Springer US*, Avgust 2016, pp. 1-28, doi: 10.1007/s11042-016-3908-y, ISSN 1380-7501, (IF=1.331).

Категорија M33:

1. **B. Stojanović**, A. Nešković, O. Marques, S. Puzovic „Fingerprint ROI segmentation based on deep learning”, *24th Telecommunications Forum TELFOR 2016*, Beograd, pp. 1 - 4.
2. **B. Stojanović**, A. Nešković, O. Marques „Fingerprint ROI segmentation using Fourier coefficients and neural networks”, *23rd Telecommunications Forum TELFOR 2015*, Beograd, pp. 484 - 487.
3. **B. Stojanović**, A. Nešković, Z. Popović, V. Lukić „ANN based fingerprint image ROI segmentation”, *22nd Telecommunications Forum TELFOR 2014*, Beograd, pp. 505 - 508.

Категорија M63:

1. **B. Stojanović**, A. Nešković „Uticaj kompresije otisaka prstiju pomoću PCA metode na performanse prepoznavanja”, *20th Telecommunications Forum TELFOR 2012*, Beograd, pp. 693 – 696.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидаткиње Бранке Стојановић под насловом „Раздвајање преклопљених отисака прстију базирано на технологији машинског учења” у целини је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме и садржи све битне елементе који се захтевају Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У дисертацији су развијене: нова метода за раздвајање преклопљених отисака прстију заснована на неуралним мрежама која даје већу ефикасност на бази реалних латентних отисака прстију у односу на претходне методе, затим развијена је аутоматизована метода за сегментацију региона компонентних отисака прстију, која се у свим објављеним приступима обавља мануелно. Такође, додатни допринос је и развој статистички значајне базе преклопљених отисака прстију, која садржи значајно већи број узорака у односу на постојеће базе (120.000, док две постојеће базе садрже по 100 узорака), а такође укључује и већи број варијација параметара коришћених приликом креирања базе. Остварени резултати дисертације могу имати веома значајну примену у пракси. Резултате проистекле из истраживања спроведеног у оквиру докторске дисертације кандидаткиња је објавила у водећем међународном часопису и презентовала стручној јавности на конференцијама од међународног и националног значаја. На основу увида у докторску дисертацију и објављене

радове кандидаткиње, Комисија констатује да дисертација представља оригиналан и савремен научни допринос у домену Телекомуникација и информационих технологија.

Кандидаткиња Бранка Стојановић показала је способност за самостални научни рад, што потврђује и чињеница да је објавила низ научних радова који су проистекли из дисертације, а у којима се појављује као први аутор. Комисија констатује да је кандидаткиња Бранка Стојановић, дипломирани инжењер електротехнике, испунила све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Умајући у виду наведено, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом **„Раздвајање преклопљених отисака прстију базирано на технологији машинског учења”** кандидаткиње **Бранке Стојановић** прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 26.05.2017. године

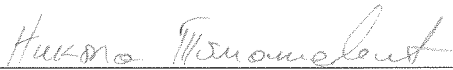
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



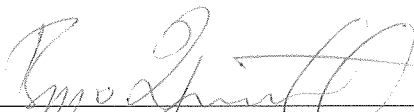
др Александар Нешковић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет




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



др Никола Томашевић, научни сарадник
Институт Михајло Пупин



др Вујо Дридаревић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Милан Бјелица, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет