

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Бранке Стојановић за израду докторске дисертације

На 804. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду одржаној 01.11.2016. (одлука бр. 5036/09-1) одређени смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Бранке Стојановић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Раздвајање преклопљених отисака прстију базирано на технологији машинског учења“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

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

Завршила гимназију "Вук Караџић" у Лозници 2002. године. Исте године уписала Електротехнички факултет у Београду, Одсек за електронику, телекомуникације и аутоматiku, смер за телекомуникације, по петогодишњем наставном програму. Дипломирала у септембру 2008. године. Студије 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 2009. године, под менторством проф. др Александра Нешковића.

По дипломирању, од октобра 2008. године, запослена у компанији Vlatacom, која од 2015. године послује као институт. У Институту Vlatacom ради на позицији архитекте система, са фокусом на пројектовање и анализу информационих система за специјалне намене у областима безбедности, биометрије и рачунарских мрежа.

У марту 2015. год. изабрана 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, ПЦ ЕТФ.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Активности на Докторским студијама

Током Докторских студија, Бранка Стојановић је положила предмете који покривају област из које се предлаже тема докторске дисертације, што укључује познавање савремених система за безбедне комуникације и идентификацију, биометријских технологија, као и принципа рада техника дигиталне обраде и анализе сигнала, са фокусом на нелинеарне технике обраде сигнала, укључујући неуралне мреже, као и њихову примену у биометријским системима. У прве две године студија положила је све предмете и одрадила све обавезе везане за научно истраживачки рад који су предвиђени наставним планом студија чиме је сакупила максималних 120 ESPB. У наставку је дат списак предмета које је положила на Докторским студијама.

П.Бр.	Назив испита	Оцена	ЕСПБ
1	Комуникационе и рачунарске мреже	10 (десет)	9
2	Обрада мултимедијалних сигнала	10 (десет)	9
3	Фуријеова оптика	10 (десет)	9
4	Дигитална обрада сигнала	10 (десет)	9
5	Системи мобилних радио-веза	10 (десет)	9
6	Линеарне и нелинеарне методе анализе сигнала	10 (десет)	9
7	Нелинеарна оптика	10 (десет)	9
8	Савремене технике контроле грешака у телекомуникацијама	10 (десет)	9
9	Моделирање и симулација радио-мрежа	10 (десет)	9
10	Комуникологија	10 (десет)	6

Списак објављених радова и других релевантних резултата и активности

У току досадашњег истраживачког рада Бранка Стојановић била је аутор два рада у часопису од међународног значаја (категорија М21), затим три рада на конференцијама од међународног значаја (категорија М33) и четири рада на конференцијама од националног значаја (категорија М63).

Радови у којима су приказани досадашњи резултати кандидата:

а) радови објављени у часописима врхунског међународног значаја (категорија М21):

1. **Б. Стојановић**, А. Нешковић, О. Marques, „*A Novel Neural Network Based Approach to Latent Overlapped Fingerprints Separation*”, Multimedia Tools and Applications, Springer US, Јун 2016, pp. 1-25, doi: 10.1007/s11042-016-3696-4, ISSN 1380-7501, (IF=1.331).
2. **Б. Стојановић**, О. Marques, А. Нешковић, „*Latent Overlapped Fingerprint Separation: A Review*”, Multimedia Tools and Applications, Springer US, Август 2016, pp. 1-28, doi: 10.1007/s11042-016-3908-y, ISSN 1380-7501, (IF=1.331).

б) радови саопштени на скуповима међународног значаја (категорија М33):

3. **Б. Стојановић**, О. Marques, А. Нешковић, „*Fingerprint ROI Segmentation Using Fourier Coefficients and Neural Networks*”, TELFOR 2015, Београд, pp. 484 - 487.
4. **Б. Стојановић**, А. Нешковић, З. Поповић, В. Лукић „*ANN Based Fingerprint Image ROI Segmentation*”, TELFOR 2014, Београд, pp. 505 - 508.
5. С. Пузовић, С. Милићевић., Б. Божиловић, **Б. Стојановић**, „*Implementation of Lavi-Manning Algorithm for Network Topology Design*“, TELFOR 2013, Београд.

в) радови саопштени на скуповима националног значаја (категорија М63):

6. **Б. Стојановић**, А. Нешковић, „Утицај компресије отисака прстију помоћу РСА методе на перформансе препознавања”, TELFOR 2012, Београд, pp. 693 - 696.
7. **Б. Тешановић**, „Дигитални идентитет (Digital Identity)”, INFOTEN-JAHORINA Vol. 10, Ref. E-III-2, p. 593-595, Март 2011.
8. **Б. Тешановић**, Б. Божиловић, А. Ваљаревић, „Безбедност у мрежним комуникацијама постигнута коришћењем VPN технологије засноване на инфраструктури јавних кључева“, Зборник радова 54. Конференције за ETRAN, Доњи Милановац, Јун 2010.
9. А. Ваљаревић, Б. Божиловић, **Б. Тешановић**, „Automated Fingerprint Identification Systems - Basics and Architecture”, Зборник радова 54. Конференције за ETRAN, Доњи Милановац, Јун 2010.

Одбрана приступног рада за израду дисертације

Бранка Стојановић је 24. 11. 2016.год. полагала докторски испит на Електротехничком факултету у Београду, при чему је комисија у саставу:

1. др Ирини 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
4. др Милан Бјелица, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

једногласно закључила да су кандидат и тема подобни за израду докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Резултати објављени у поменутим радовима представљају резултате истраживања који ће бити коришћени као основа даљег развоја система за раздвајање и побољшање преклопљених отисака прстију који ће бити представљен у докторској дисертацији кандидата. На основу досадашњег истраживачког рада и публикованих научних резултата може се закључити да је кандидаткиња Бранка Стојановић квалификована за израду докторске дисертације на предложену тему.

2. Предмет и циљ истраживања

У процедури увиђаја места злочина врло често се користи поређење отисака прстију као метода препознавања лица која су боравила на датој локацији. Отисци прстију са места злочина се зову трагови (енг. *latents*) и врло често нису комплетни већ представљају само фрагменте отисака лошег квалитета, присутне на површинама различитих текстура, облика,

величине и боје. Такође, врло често се дешава да на једној површини буде присутно више преклопљених отисака прстију.

Углавном је 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, указује 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 починиоца злочина) поставља као основни захтев високу поузданост препознавања, где је побољшање перформанси постојећих система јако значајно. 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, је још један од задатака за будући развој. Тренутно постоје две јавно доступне базе преклопљених отисака које садрже по 100 узорака - *Tsinghua OLF* (енг. *Tsinghua Overlapped Latent Fingerprint Database*) која садржи отиске добијене помоћу форензичких метода и *Tsinghua SOF* (енг. *Tsinghua Simulated Overlapped Fingerprint Database*) која садржи вештачки преклопљене отиске доброг квалитета.

Предмет овог истраживања је развој конкурентне методе за раздвајање преклопљених отисака прстију базиране на неуралним мрежама, једној од техника машинског учења (енг. *machine learning*), која укључује минимално мануелно ангажовање у току процеса.

Метода за раздвајање отисака се састоји из четири основна корака:

- Предпроцесирање - Подразумева иницијалну обраду слике преклопљених отисака како би се осигурало да је слика одговарајуће величине и прихватљивог квалитета. Овај корак такође укључује сегментацију региона компонентних отисака прстију (креирање маске региона).
- Одређивање и побољшање иницијалног оријентационог поља - Одређивање иницијалног оријентационог поља се врши на нивоу блока пиксела на слици, одређене величине (16x16). Метода за овај корак која даје задовољавајуће резултате је дводимензиона Фуријеова трансформација (преузета из литературе). Овај корак претвара слику преклопљених отисака у оријентационо поље (сваки блок на слици који садржи делове слике отисака је представљен одређеним нумеричким вредностима - оријентацијом тог блока) које садржи три региона: (1) регион позадине, који не садржи оријентације, (2) непреклопљени регион - регион непреклопљених делова отисака који садржи једну вредност оријентације по блоку, и (3) преклопљени регион, који садржи две оријентације по блоку, без информације о томе која оријентација припада ком отиску (мешовито оријентационо поље).
- Раздвајање оријентација - Овај корак представља срж процеса раздвајања отисака и подразумева одлучивање о томе која оријентација у мешовитом оријентационом пољу припада ком компонентном отиску. Овде се иницијално оријентационо поље претвара у два оријентациона поља која припадају компонентним отисцима. Раздвајање оријентација ће бити реализовано у три основна корака: (1) раздвајање оријентација мешовитог оријентационог поља помоћу претходно трениранс неуралне мреже, (2) исправљање заосталих грешака, и (3) додатно побољшање компонентних оријентационих поља коришћењем глобалних модела.

- Издвајање слика компонентних отисака - Две слике компонентних отисака се издвајају са слике преклопљених отисака коришћењем два различита Габорова филтра, подешена према раздвајеним оријентационим пољима.

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.

Такође, један од циљева је и развој веће и статистички значајније базе преклопљених отисака прстију, која треба да садржи минимум 100000 преклопљених отисака, и да укључи варијације у погледу угла између компонентних отисака, осветљаја слике и присуства позадинског шума који представља шум од заосталог форензичког праха. Ова база треба да садржи и информације о броју сингуларних тачака садржаних на преклопљеном региону за сваки отисак, као и њихов тип и позицију на слици, пошто постоје индиције да број сингуларних тачака на датом региону директно утиче на тежину проблема раздвајања отисака.

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.

Релевантни библиографски извори за предложено истраживање:

1. Chen F, Feng J, Jain A, Zhou J, Zhang J (2011) *Separating overlapped fingerprints*. IEEE Transactions on Information Forensics and Security 6(2):346–359. ISSN 1556-6013. doi:10.1109/TIFS.2011.2114345.
2. Chetty G, Wagner M (2006) *Multi-level liveness verification for face-voice biometric authentication*. In: Biometrics symposium: special session on research at the biometric consortium conference, 2006. IEEE, pp 1–6.
3. DeCann B, Ross A (2013) *Relating ROC and CMC curves via the biometric menagerie*. In: IEEE sixth international conference on biometrics: theory, applications and systems (BTAS), 2013, pp 1–8. doi:10.1109/BTAS.2013.6712705.
4. Feng J, Shi Y, Zhou J (2012) *Robust and efficient algorithms for separating latent overlapped fingerprints*. IEEE Transactions on Information Forensics and Security 7(5):1498–1510. ISSN 1556-6013. doi: 10.1109/TIFS. 2012.2204254.
5. Feng J, Zhou J, Jain A (2013) *Orientation field estimation for latent fingerprint enhancement*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 35(4):925–940. ISSN 0162-8828. doi:10.1109/TPAMI.2012.155.
6. Gorodnichy D (2011) *Multi-order biometric score analysis framework and its application to designing and evaluating biometric systems for access and border control*. In: IEEE Workshop on computational intelligence in biometrics and identity management (CIBIM), 2011, pp 44–53. doi:10.1109/CIBIM.2011.5949204.
7. Gorodnichy DO (2010) *Multi-order analysis framework for comprehensive biometric performance evaluation*. In: SPIE defense, security, and sensing. International Society for Optics and Photonics.
8. Hassoun MH (1995) *Fundamentals of artificial neural networks*. MIT Press.
9. Jain A, Feng J (2009) *Latent palmprint matching*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 31(6):1032–1047. ISSN 0162-8828. doi:10.1109/TPAMI.2008.242.
10. Jain A, Flynn P, Ross AA (2007) *Handbook of biometrics*. Springer Science & Business Media.
11. Maio D, Maltoni D, Cappelli R, Wayman JL, Jain AK (2002) *FVC2002: second fingerprint verification competition*. In: 16Th international conference on pattern recognition, 2002. Proceedings, vol 3. IEEE, pp 811–814.
12. Maltoni D, Maio D, Jain A, Prabhakar S (2009) *Handbook of fingerprint recognition*. Springer Science & Business Media.
13. Msiza IS, Mathekgwa ME, Nelwamondo FV, Marwala T (2011) *Fingerprint segmentation: an investigation of various techniques and a parameter study of a variance-based method*. International Journal of Innovative Computing, Information, and Control (IJICIC) 7:5313–5326.

14. Orczyk T, Wieclaw L (2011) *Fingerprint ridges frequency*. In: Third world congress on nature and biologically inspired computing (naBIC), 2011. IEEE, pp 558–561.
15. Rosenfeld A, Hummel RA, Zucker SW (1976) *Scene labeling by relaxation operations*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics 6:420–433.
16. Shi Y, Feng J, Zhou J (2011) *Separating overlapped fingerprints using constrained relaxation labeling*. In: Proceedings of the international joint conference on biometrics.
17. Tamura S, Tateishi M (1997) *Capabilities of a four-layered feedforward neural network: four layers versus three*. IEEE Transactions on Neural Networks 8(2):251–255. ISSN 1045-9227. doi:10.1109/72.557662.
18. Zhang N, Yang X, Zang Y, Jia X, Tian J (2014a) *Overlapped fingerprints separation based on adaptive orientation model fitting*. In: 22nd international conference on pattern recognition (ICPR), 2014, pp 678–683, DOI doi:10.1109/ICPR.2014.127, (to appear in print).
19. Zhang N, Zang Y, Yang X, Jia X, Tian J (2014b) *Adaptive orientation model fitting for latent overlapped fingerprints separation*. IEEE Transactions on Information Forensics and Security 9(10):1547–1556. ISSN 1556-6013. doi:10.1109/TIFS.2014.2340573.
20. Zhao Q, Jain A (2012) *Model based separation of overlapping latent fingerprints*. IEEE Transactions on Information Forensics and Security 7(3):904–918. ISSN 1556-6013. doi:10.1109/TIFS.2012.2187281.

Наведени радови показују да је тема која се предлаже за истраживање актуелна у свету, а да се у области којој припада тема интензивно истражује.

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе докторске дисертације се заснивају на следећим претпоставкама:

- Развој нових и унапређење постојећих метода за раздвајање преклопљених отисака, у смислу побољшања перформанси поређења, доноси незанемарљив допринос научној заједници с обзиром на следеће чињенице:
 - поузданост у утврђивању чињеничног стања на месту злочина је јако осетљиво и актуелно питање,
 - преклопљени отисци су јако чести у таквим окружењима,
 - отисци прстију и даље представљају најчешће коришћену биометријску методу идентификације.
- Пре самог развоја нових метода потребно је урадити свеобухватну анализу постојећих метода и база, као и утврдити њихова ограничења и простор за даљи развој
- У циљу што бољег поређења са постојећим методама користиће се постојеће јединице мере и јавно доступне базе преклопљених отисака
- С обзиром да једине две постојеће базе садрже по 100 узорака потребно је развинути базу са значајно већим бројем слика преклопљених отисака.

4. Научне методе истраживања

Методологија која ће се користити у докторској дисертацији почиње са систематском анализом доступних решења за раздвајање преклопљених отисака прстију, као првом фазом истраживања. Посебан осврт ће бити дат на технологије које се користе, њихову актуелност и перформансе, као и на ограничења. Утврдиће се неопходан ниво мануелне интервенције за сваки доступни алгоритам и извршити униформно поређење перформанси и карактеристика најзначајнијих решења. Такође, посебна пажња ће се посветити 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 на местима злочина и величину базе. Извршиће се 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 ће бити базирана на технологији машинског учења - неуралним мрежама. Ова фаза подразумева и проналажење одговарајуће базе отисака за тренирање неуралне мреже која ће омогућити 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. Ова фаза подразумева и поређење понуђеног решења са постојећим решењима на униформан начин.

Трећа фаза истраживања подразумева креирање свеобухватније базе узорака преклопљених отисака прстију која ће се користити за тренирање и тестирање решења за раздвајање преклопљених отисака прстију. Ова база треба да садржи велики број узорака (барем 100000) и да одговори на захтеве утврђене у првој фази овог истраживања.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да из докторске дисертације проистекну следећи конкретни резултати:

- Свеобухватни преглед карактеристика и поређење постојећих решења за раздвајање отисака
- Свеобухватни преглед јединица мере које се користе за тестирање и поређење перформанси решења
- Свеобухватни преглед карактеристика и поређење јавно доступних база узорака преклопљених отисака прстију
- Утврђивање нивоа комплексности проблема аутоматизоване сегментације региона компонентних отисака прстију
- Примена машинског учења на проблем раздвајања преклопљених отисака, као актуелне технологије у проблемима обраде слике
- Развој нове методе за раздвајање отисака прстију, која подразумева минималну количину мануелне интервенције у процесу
- Повећање поузданости препознавања компонентних отисака прстију применом нове методе раздвајања
- Развој нове, статистички свеобухватније базе узорака преклопљених отисака прстију

6. План истраживања и структура рада

План истраживања се састоји из три фазе:

- Прва фаза: Свеобухватна анализа постојећих решења и проблема који их прате, као и отворених поља за даљи развој.

Циљ прве фазе је упоредни преглед савремених техника за раздвајање преклопљених отисака, као и постојећих база, са нагласком на корацима који претходе издвајању самих

карактеристика за поређење отисака, у контексту целокуптног процеса поређења два отиска. Поред прегледа постојеће литературе и приступа, циљ ове фазе је и утврђивање нивоа комплексности проблема аутоматске сегментације региона компонентних отисака (за овај проблем још увек не постоји аутоматизовани приступ), као и утврђивање прихватљивости мануелне интервенције у овом кораку.

- Друга фаза: Развој нове методе за раздвајање преклопљених отисака, која се базира на машинском учењу.

Циљ ове фазе је развој нове методе за раздвајање преклопљених отисака прстију која примењује модерне технологије машинског учења и даје поузданије резултате у односу на постојеће методе. Ова фаза укључује тренирање неуралне мреже помоћу појединачних отисака доброг квалитета, и примену тако трениране мреже на преклопљене отиске, како доброг, тако и лошег квалитета (са изразитим позадинским шумом) у циљу поређења. Такође, циљ ове фазе је и статистичко поређење нове методе са најзначајнијим објављеним методама.

- Трећа фаза: Развој нове базе преклопљених отисака прстију, са статистички значајним бројем узорака.

Нова база треба да садржи минимум 100000 преклопљених отисака, и да представља већи изазов за постојеће алгоритме. Она треба да садржи варијације у погледу угла између компонентних отисака (0° , 45° и 90°), осветљаја слике (већи и мањи контраст) и присуства/одсуства позадинског шума који представља шум од заосталог форензичког праха. Такође, ова база треба да садржи и информацију о броју сингуларних тачака садржаних на преклопљеном региону за сваки отисак, као и њихов тип и позицију на слици.

Структура саме тезе ће у великој мери пратити предложене фазе истраживања. Након уводног поглавља предвиђено је поглавље прегледног типа у коме ће бити описани системи за поређење латентних отисака прстију, са посебним освртом на проблем преклопљених отисака. У трећем поглављу биће описан први део проблема, који се односи на сегментацију преклопљених отисака, док ће у наредном бити дати резултати примене наших алгоритама на овај проблем. У петом поглављу биће описан други део проблема, који укључује и процес раздвајања отисака, као централну тему дисертације. У наредном поглављу биће описан предложени алгоритам за раздвајање отисака, док ће у седмом поглављу бити представљена компаративна анализа предложеног алгоритма и постојећих решења. У поглављу осам биће описане карактеристике и начин креирања нове базе преклопљених отисака, која садржи минимум 100000 узорака. Закључна разматрања биће изложена у завршном делу предложене докторске дисертације.

7. Закључак и предлог

Дипл. инг. Бранка Стојановић пријавила је своју докторску дисертацију под насловом „Раздвајање преклопљених отисака прстију базирано на технологији машинског учења“ у складу са Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду, подневши на увид сва предвиђена документа. Констатовано је да је кандидаткиња дипломирала на Електротехничком факултету у Београду и да је положила све предвиђене испите са прве две године трећег степена (докторских) студија. На основу изложеног, Комисија констатује да кандидаткиња Бранка Стојановић испуњава све формалне и суштинске услове за приступање изради докторске дисертације, као и да је предложена тема научно актуелна у домену биометријских технологија и обраде сигнала. Зато Комисија предлаже Научно-наставном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидаткињи

Бранки Стојановић одобри израду докторске дисертације под горе наведеним насловом. Тема припада ужој научној области телекомуникација. За ментора докторске дисертације предлага се проф. др Александар Нашковић, редовни професор Електротехничког факултета, Универзитета у Београду.

25.11.2016. године
Београд

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



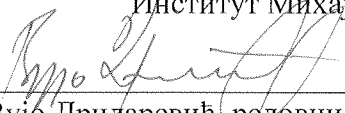
др Александар Нешковић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
(ментор)



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



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