

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Милана Павловића.

Одлуком бр. 5038/16-3 од 20.9.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милана Павловића под насловом

“Карактеризација звучног поља у просторијама применом мултифракталне анализе“

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 Милан Павловић уписао се на докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду школске 2007/2008. године. Године 2016/2017. поново је уписан на докторске студије на студијском програму Електроника и рачунарство, модул Телекомуникације уз признавање свих претходно положених испита.

Милан Павловић је тему за израду ове докторске дисертације пријавио 4.5.2017. године. Комисија за студије трећег степена на својој седници дана 9.5.2017. године разматрала је поднету пријаву и свој предлог о оцени подобности теме и кандидата упутила Наставно-научном већу на усвајање. Наставно-научно веће је на својој седници дана 26.5.2017. године именovalo Комисију за оцену услова и прихватање теме ове докторске дисертације (одлука бр. 5038/16-1). Дана 23.6.2017. године кандидат је полагао јавну усмену одбрану теме докторске дисертације, а Наставно-научно веће на седници одржаној дана 12.9.2017. године усвојило је поднети извештај Комисије (Одлука бр. 5038/16-2). Веће научних области техничких наука својом одлуком број 61206-3585/2-17 од 25.9.2017. године дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације под насловом: “Карактеризација звучног поља у просторијама применом мултифракталне анализе“.

Кандидат је дана 30.8.2018. године предао урађену докторску дисертацију на преглед и оцену. Комисија за студије трећег степена на својој седници одржаној дана 4.9.2018. године потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације. На основу тога Наставно-научно веће Факултета је 20.9.2018. године именovalo Комисију за преглед и оцену докторске дисертације (број одлуке 5038/16-3) у саставу који је наведен на крају овог извештаја.

1.2. Научна област дисертације

Ова докторска дисертација припада области Техничких наука – Електротехника, ужа научна област Техничка акустика. За менторе су одређени др Ирине Рељин, редовни професор и др Миомир Мијић, редовни професор. Др Миомир Мијић је изабран у звање редовног професора за област Техничке акустике и сви његови публиковани радови који га квалификују за ментора су из те области. Др Ирине Рељин је изабрана у звање редовног професора за област Телекомуникација и њени досадашњи публиковани радови је квалификују за ментора из области мултифрактала, што је једна од тема обрађених у дисертацији.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Милан Павловић је рођен је 29.03.1978. године у Зајечару. На Електротехничком факултету у Београду дипломирао је на Одсеку за електронику, телекомуникације и аутоматику, смер Телекомуникације. Први пут је уписао докторске студије на Електротехничком факултету у Београду марта 2008. године (модул Телекомуникације). Од новембра 2004. године Милан Павловић је запослен у Високој школи струковних студија за информационе и комуникационе технологије у Београду, где учествује у реализацији наставе из више телекомуникационих предмета.

До сада је објавио три практикума за предмете на Високој школи струковних студија за дугорочна истраживачка пројекта. До сада је објавио укупно 31 рад, од чега 2 у часописима са SCI листе, три рада у осталим часописима, а остали радови су објављени на међународним и националним конференцијама.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Милана Павловића је написана на 177 страна. На почетку се налазе насловна страна и кратак резиме на српском и енглеском језику, као и садржај. Текст рада састоји се од осам поглавља, а на крају се налази преглед коришћене литературе. Поглавља су организована у следећем редоследу:

1. Увод,
2. Акустички одзив просторија,
3. Мултифрактална анализа,
4. Поступци анализе звучног поља,
5. Предложене методе у поступку карактеризације звучног поља,
6. Анализа предложених метода у физичком моделу променљиве дифузности,
7. Анализа предложених метода над базом импулсних одзива коришћених током истраживања
8. Закључак.

На самом крају дисертације, као додатак, налазе се обавезни прилози: биографија и неопходне изјаве аутора.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Материја изложена у докторској дисертацији може се логички поделити на два дела. Први, уводни део, састоји се од три поглавља у којима је изложена релевантна теорија неопходна за разумевање приказа самосталног рада кандидата и добијених резултата. То су у тези поглавља 2, 3 и 4. У њима су приказане основне карактеристике акустичког одзива просторија, општи принципи мултифракталне анализе и преглед поступака за анализу звучног поља који су до сада приказани у литератури, а који су представљали основ за дефинисање истраживања у оквиру ове тезе. Други део дисертације садржи приказ самосталног рада кандидата и састоји

се такође од три поглавља, и то су поглавља 5, 6 и 7. На крају се налази закључак као резиме постигнутих резултата.

У уводном поглављу приказани су мотивација, циљеви и предмет истраживања, као и полазне хипотезе. У другом уводном поглављу рада описане су основне физичке карактеристике звучног поља у просторијама. Показано је да се просторија у општем случају може сматрати линеарним, временски инваријантним системом преноса који се као такав описује импулсним одзивом. У раду су показани основни препознатљиви делови импулсног одзива и основне форме које се користе за његово графичко представљање: у временском домену као биполарни и униполарни приказ микрофонског сигнала, као промена нивоа звука у времену и у фреквенцијском домену као амплитудски спектар сигнала импулсног одзива. У раду се коментаришу могући облици одзива у различитим реалним просторијама, па су коментарисани резултати мерења у обичним стамбеним просторијама, у позоришним салама и једном музичком студију. То су примери који представљају одређене класе просторија са издиференцираним карактеристичним облицима импулсног одзива. Детаљније су коментарисане одлике основних препознатљивих делова импулсног одзива: директан звук, ране рефлексије, реверберациони део и амбијентална бука као специфичан облик шума у сигналу одзива. На крају овог поглавља приказани су утицаји појединих делова импулсног одзива на субјективни доживљај звучног поља у просторији.

У трећем уводном поглављу приказани су основни појмови мултифракталне анализе и њихова досадашња примена у акустици просторија. У уводном делу поглавља објашњени су помови самосличност и фрактална димензија (*Hausdorff*-ова димензија). Шире је коментарисано да постоје различите методе за процену фракталне димензије структура, тј фрактала, а најпознатија је „*box-counting*“ метода или метода покривања. У наставку поглавља кандидат је ширу пажњу посветио формализму мултифрактала. У другом делу поглавља детаљније су објашњене карактеристике мултифрактала које су коришћене у самосталном раду на тези, у првом реду методе за процену мултифракталног спектра. Такође су приказани досадашњи резултати из литературе који се односе на примену мултифрактала у акустици, и то анализу звучног поља у просторијама помоћу мултифрактала. То су резултати на које се непосредно наслања ова теза.

Најзад, четврто поглавље садржи опис разних до сада коришћених поступака анализе звучног поља који су приказани у литератури. Највећи део овог поглавља посвећен је методологији за детекцију релативно изолованих рефлексија. Приказани су метода анализе рефлектограма, метода адаптивних прагова, метода корелације и метода *wavelet* трансформације. То су све методе које су коришћене у литератури. На крају тог приказа пажња је посвећена дводимензионалном (2Д) приступу анализи. У досадашњим анализама импулсног одзива доминантна тема била је одређивање границе између његовог раног и касног дела. У том истраживању је, између осталих, учествовао и аутор ове тезе, а резултати су недавно публиковани.

У петом поглављу је детаљно приказана метода која је у тези коришћена за карактеризацију звучног поља. Метода је реализована наменским софтверским алатом који је кандидат развио у матлабу. У оквиру примењене методе обрада сигнала импулсног одзива је подељена у три блока. У првом блоку врши се анализа импулсног одзива мултифракталима и на основу тога се утврђује граница између дела са раним рефлексијама и реверберационог дела импулсног одзива. У другом блоку се детектују позиције раних рефлексија у претходно утврђеној почетној зони одзива. У трећем блоку се врши класификација импулсних одзива на основу глобалних параметара њиховог мултифракталног спектра користећи различите

трансформације које су могуће на основу мултифракталне анализе у једнодимензионалном (1Д) и 2Д домену, користећи Холдерове експоненте и инверзно мапирање.

Централна тема у овом поглављу је формирање поступка за карактеризацију и класификацију импулсних одзива помоћу глобалних мултифракталних параметара. Израчунавање мултифракталног спектра извршено је методом великих девијација и за то је коришћен софтвер *FracLab*. За оба дела импулсног одзива, рани и реверберациони, одређују се глобални мултифрактални параметри спектра, и то: нагиб десног дела криве мултифракталног спектра, ширина криве спектра, десна површина, лева површина, укупна површина и однос леве и десне површине. Наведени параметри коришћени и за испитивање могућности класификације импулсних одзива.

Тестирање реализоване методе за карактеризацију и класификацију спроведено је на два начина: на примеру импулсних одзива снимљених у лабораторијском физичком моделу просторије са променљивом дифузношћу и на великој бази импулсних одзива снимљених у различитим реалним просторијама. Лабораторијски физички модел представља паралелопипедну просторију у којој је могуће стављати странице са различитим рељефом на себи, чиме се мења параметар *SDI* – *Surface Diffusivity Index*. На тај начин се на контролисани начин мења структура звучног поља, то јест повећава или смањује његова укупна дифузност. Оваква анализа је показала да постоји тренд опадања вредности израчунате границе између почетног дела са раним рефлексима и реверберационог дела са повећањем вредности индекса дифузности у просторији, што је у складу са очекивањима. Такође је показано да у околностима када је просторија изразито дифузна, а то значи да је параметар *SDI* већи од 0,5, утврђена граница раног и касног дела импулсног одзива се смањује. Тиме је доказано да коришћени параметри израчунати из мултифракталног спектра могу послужити за утврђивање те границе.

Најзад, у седмом поглављу приказани су резултати тестирања реализоване методе за карактеризацију и класификацију на примеру већег броја импулсних одзива добијених у различитим реалним околностима. Коришћена база састављена је од одзива снимљених у физичким моделима, добијених у процесу нумеричке симулације и мерењем у разним реалним просторијама. У раду је коришћено укупно 192 сигнала различитих импулсних одзива. Кластеризација импулсних одзива упоређивањем различитих мултифракталних параметара показано је да постоји груписање њихових вредности које одсликава неке њихове физичке карактеристике.

На крају, у закључку сумирани су остварени доприноси рада и могућности њихове примене у пракси анализе акустичких карактеристика просторија. Такође су наговештене могућности за будућа истраживања у циљу аутоматизације процеса такве анализе.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Рад на овој докторској дисертацији иницирале су две чињенице. Једна је потреба да се неки поступци акустичке анализе и оцене квалитета просторија аутоматизују, а друга да се у томе искористе неки савремени принципи нелинеарне обраде сигнала импулсног одзива. Савременост и оригиналност тезе огледа се у томе да је коришћена група алата за нелинеарну обраду сигнала, што је врло мало до сада обрађивано у литератури. Сасвим оригиналан приступ у овој тези огледа се у примени 2Д мултифракталне анализе импулсног одзива. Сви

досадашњи радови из области примене мултифрактала у анализи импулсних одзива просторија заснивали су се на 1Д приступу. Чињеница да област примене мултифрактала у акустици просторија до сада третирана само у неколико пуликованих наслова чини ову тезу савременом.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током рада на дисертацији кандидат је користио обимну литературу из области која је обрађена. Списак референци дат на крају дисертације садржи 71 наслов. У оквиру тог броја налази се врло широк опсег публикација који укључује књиге, часописе, зборнике са домаћих и међународних конференција. Велики део публикација је новијег датума, мада су укључени и сви најзначајнији историјски, може се рећи референтни наслови да би се употпунила слика о обрађиваној материји. У списку референци налазе се и радови у којима је кандидат аутор, а који садрже оригиналне резултате директно произашле из рада на дисертацији.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Област и тема којом се бави дисертација условила је да се она заснива на два основна научна метода: на теоријском раду у области обраде сигнала и на експерименталном лабораторијском раду са обимном базом сигнала импулсних одзива снимљених у разним просторијама. На тај начин је провера свих предложених метода базирана на релативно великом узорку просторија.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати који су приказани у овој докторској дисертацији имају примену у два домена. Први се огледа у чињеници да они померају границе знања у потпуно новој области, а то је примена нелинеарне обраде сигнала у домену акустике просторија, прецизније у анализи сигнала њиховог импулсног одзива. Други домен је нова методологија која омогућава примену у аутоматизацији процеса анализе сигнала импулсних одзива забележених у реалним просторијама или добијених симулацијом. Најадекватнија примена резултата ове тезе била би њихова уградња у софтвер за аутоматско препознавање карактеристичних особина импулсног одзива, а преко тога и особина просторије као система преноса.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Милан Павловић је кроз одабир и систематичан преглед актуелне литературе, кроз самостални развој наменских софтверских алата за комплексну нелинеарну обраду сигнала импулсних одзива, кроз примену развијених алата за карактеризацију просторија, али и кроз друге сегменте свог експерименталног и теоријског рада показао високи степен самосталности у истраживачком раду. Томе треба додати и чињеницу да је део резултата приказао на међународним и националним скуповима где их је самостално презентовао.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У овој докторској тези остварени су следећи доприноси који представљају унапређење постојећег знања у области акустике просторија:

- Коришћењем мултифрактала и применом анализе глобалних обележја мултифракталног спектра предложени су нови параметри за анализу импулсног одзива просторије.
- Анализом расподеле новоуведених параметара из мултифракталног спектра одређене су границе почетног дела импулсних одзива просторија. Алгоритам је универзалан за импулсне одзиве просторија различитих акустичких карактеристика, као и за различите форме приказа одзива (биполаран, униполаран или квадрирани униполарни приказ).
- Унапређен је поступак утврђивања границе области раних рефлексија у импулсном одзиву применом мултифракталне анализе у глобалном и локалном домену.
- Расподела промена глобалних мултифракталних параметара омогућила је увид у локалне промене унутар импулсног одзива. Прецизност и тачност утврђивања границе је унапређена коришћењем прозора различитих димензија клизећег прозора и додатном обрадом израчунатих глобалних мултифракталних параметара.
- Развијен је аутоматизован алгоритам за детекцију раних рефлексија помоћу анализе локалне структуре импулсног одзива просторије у домену сингуларитета мултифракталног спектра. Практична употребљивост метода за детекцију рефлексија помоћу мултифрактала демонстрирана је кроз детекцију рефлексија које одговарају онима које се могу идентификовати визуелним путем.
- Доказана је могућност примене инверзног мапирања у мултифракталној анализи за прецизну локализацију значајних рефлексија.
- Доказано је да техника прагова у сегментацији Холдерових експонената добијених из мултифракталне анализе унапређује поступак детекције раних рефлексија у импулсном одзиву просторије.
- Доказана је ефикасност предложеног алгоритма за детектовање рефлексија у импулсном одзиву у 1Д и 2Д домену уметањем контролних рефлексија у импулсни одзив просторије под одређеним условима.
- Предложени су одговарајући параметри за оцену успешности алгоритма детекције и експериментални резултати су анализирани на основу тих параметара.
- Потврђена је могућност коришћења глобалних параметара мултифракталне анализе у карактеризацији импулсних одзива просторије на основу утврђене корелације између вредности предложених параметара и индекса дифузности просторије.
- Показана је ефикасност употребе предложених глобалних мултифракталних параметара у поступку кластеризације импулсних одзива просторије.
- Показана је могућност кластеризације импулсних одзива на основу стања дифузности звучног поља у просторији, постигнута упаривањем глобалних параметара за које је утврђена висока корелисаност са индексом дифузности просторије.
- Предложена методологија је показала универзалност у својој ефикасности; примењива је на све импулсне одзиве независно од њиховог порекла.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Набројани научни доприноси значајни су у домену акустике просторија кроз неколико аспеката:

- показују да 2Д мултифрактална анализа има употребну вредност у анализи сигнала импулсног одзива просторије;
- показано је да се помоћу мултифракталне анализе могу у импулсном одзиву детектовати ране рефлексије које одговарају онима које се идентификују визуелним путем;
- показују да је могуће аутоматизовати процес акустичке анализе одзива просторија и софтверским алатима добити закључак о њиховој категоризацији;
- уводе нови приступ у детекцији важних карактеристика одзива просторије који нису лако видљиви из дводимензионалног приказа сигнала импулсног одзива.

Несумњив глобални допринос тезе је у проширивању сазнања о могућности примене мултифрактала за анализу акустичког одзива просторија. То је област која је у литератури отворена као тема релативно скоро, па ова теза у целини има изванредан пионирски значај у њеном развоју. Као оригиналан резултат посебно треба апострофирати доказ да постоји корелација између вредности предложених глобалних параметара мултифракталне анализе импулсног одзива просторије и индекса дифузности површина у просторији (SDI – *Surface Diffusivity Index*)

Детаљни резултати истраживања верификовани су у 13 радова објављених у часописима, на међународним и националним скуповима. Од тога 2 рада су публикована у међународним часописима са импакт фактором и два у националним часописима.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси докторске дисертације Милана Павловића верификовани су у следећим радовима (наведени по М категоријама према Правилнику Министарства просвете и науке Србије):

Категорија M21:

1. Dragan M. Ristić, **Milan Pavlović**, Dragana Šumarac Pavlović and Irini Reljin, „Detection of early reflections using multifractals“, *Journal of the Acoustical Society of America*. 133(4), EL235-EL241, 7 pages (2013); IF=1.55, (5/30), DOI: 10.1121/1.4793767, ISSN: 0001-4966

Категорија M22:

1. **M. Pavlović**, D. M. Ristić, I. Reljin, and M. Mijić, “Multifractal analysis of visualized room impulse response for detecting early reflections“, *Journal of the Acoustical Society of America*. 139(5), EL113-EL117, 5 pages (2016); IF= 1.736, (9/31), DOI: 10.1121/1.4947015, ISSN 0001-4966

Категорија M51:

1. Dragan M. Ristić, **Milan Pavlović**, Miomir Mijić, Irini Reljin, „Improvement of the Multifractal Method for Detection of Early Reflections“, *Serbian Journal Of Electrical Engineering*, Vol. 11, No. 1, pp. 11-24, Technical Faculty Čačak, Serbia, February 2014, DOI: 10.2298/SJEE131201002R, ISSN: 1451–4869 (Print Issue), ISSN: 2217–7183 (Online), UDC: 534.62:534.24

Категорија M53:

1. **M. Pavlović** and D. M. Ristić, „Applications of Multifractals in the Analysis of Room Impulse Response - Initial Research“, *Telfor Journal*, Vol. 3 No. 2, 2011, pp. 116-120, ISSN: 1821-3251 (Print Issue), ISSN: 2334-9905 (Online)

Категорија M33:

1. Dragan M. Ristić, **Milan Pavlović**, and Irini Reljin, „Classification of Room Impulse Responses with Self-Organizing Maps“, In *Proc. of 10th Symposium on Neural Network*

Категорија M34:

1. **M. Pavlović**, D. Ristić, I. Reljin, M. Mijić, "Using nonlinear signal processing in detecting reflections in room impulse response", in *Web Proc. of 6th ICT Innovations 2014*, pp. 313-314, Ohrid, Macedonia, Sept. 2014. ISSN: 1857-7288

Категорија M63:

1. Dragan M. Ristić, **Milan Pavlović**, Dragana Šumarac Pavlović i Irini Reljin, „Analiza impulsnog odziva prostoriје primenom multifraktala“, *Zbornik radova sa 58. konferencije ETRAN*, str. AA3.1.1-5, Vrnjačka Banja, jun 2014. ISBN 978-86-80509-70-9
2. **Milan Pavlović**, Dragan M. Ristić, Irini Reljin i Miomir Mijić, „Detekcija refleksija primenom nelinearne obrade vizualizovanog impulsnog odziva“, *Zbornik radova sa 58. konferencije ETRAN*, str. AK3.2.1-6, Vrnjačka Banja, jun 2014. ISBN 978-86-80509-70-9
3. Dragan M. Ristić, **Milan Pavlović**, i Miomir Mijić, „Unapređenje metoda za detekciju ranih refleksija korišćenjem multifraktala“, *Zbornik radova sa 57. konferencije ETRAN*, AK 2.1.1-6, Zlatibor, jun 2013. ISBN: 978-86-80509-68-6 (Rad je proglašen za najbolji rad mladih istraživača na sekciji AK)
4. **M. Pavlović**, N. Kojić, D. Ristić, „Primena multifraktala za detekciju koherentnih refleksija u impulsnom odzivu prostoriја“, *Zbornik radova Naučno-stručnog simpozijuma INFOTEH-JAHORINA 2013*, Vol. 12, str. 377-381, mart 2013. ISBN: 978-99955-763-1-8
5. Dragan M. Ristić, **Milan Pavlović**, „Detekcija koherentnih refleksija u početnom delu impulsnog odziva primenom multifraktala“, *Zbornik radova 19. Telekomunikacionog foruma TELFOR 2011*, str. 1059-1062, DOI: 10.1109/TELFOR.2011.6143731, Print ISBN: 978-1-4577-1499-3
6. **Milan Pavlović**, Dragan M. Ristić, „Primena multifraktala u analizi impulsnog odziva prostoriја – početna istraživanja“, *Zbornik radova 18. Telekomunikacionog foruma TELFOR 2010*, str. 1041-1044, Beograd, novembar 23-25, 2010. ISBN 978-86-7466-392-9
7. **Milan Pavlović**, Dragan Ristić, "Detekcija koherentnih refleksija u akustičkom impulsnom odzivu autokorelacionom metodom", *Zbornik radova 16. Telekomunikacionog foruma TELFOR 2008*, str. 657-660, Beograd, novembar 25-27, 2008, ISBN 978-86-7466-337-0

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу чињеница изложених у овом извештају Комисија је закључила да докторска дисертација Милана Павловића под насловом “Карактеризација звучног поља у просторијама применом мултифракталне анализе” испуњава све формалне и суштинске услове предвиђене Законом о високом образовању и прописима Универзитета у Београду и Електротехничког факултета.

У дисертацији су истраживачки обрађене такве области акустике просторија као што је нелинеарна обрада сигнала импулсног одзива и примене такве обраде сигнала на анализу импулсног одзива просторије. Резултати истраживања су дали одговоре на постављене хипотезе и пружили нова знања о могућностима аутоматске анализе одзива просторија, препознавања њихових одлика и њихове класификације. Најважнији резултати су увођење нових параметара за детекцију раних рефлексija, унапређење поступка одређивања границе области раних рефлексija у одзиву коришћењем мултифракталне анализе, релативно прецизна

локализација значајних рефлексија у сигналу одзива применом инверзног мапирања у мултифракталној анализи, показана је ефикасност предложеног система за детектовање рефлексија у 1Д и 2Д домену представљања импулсног одзива. Најзад, допринос тезе је и у томе што је показана ефикасност метода заснованих на мултифракталној анализи у акустици просторија, и то при разврставању акустичких одзива просторија за различите намене.

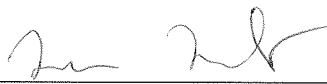
На основу свега изложеног Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета да се докторска дисертација под називом “Карактеризација звучног поља у просторијама применом мултифракталне анализе” кандидата Милана Павловића прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 18.11.2018. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



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



др Јелена Тертић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Андреја Самчовић, редовни професор
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет



др Ана Гавровска, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет