

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Николе Јовалекића дипломираног инжењера електротехнике

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5063/10-3 од 20. септембра 2018. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Николе Јовалекића под насловом

Побољшање перформанси бежичних примопредајника заснованих на *LoRa* модулацији

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 Никола Јовалекић се уписао на докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду у пролећном семестру школске 2010/2011. године. Испите на докторским студијама је положио са просечном оценом 10.

Никола Јовалекић је 28.12.2016. године пријавио тему за израду докторске дисертације под називом „Побољшање перформанси бежичних примопредајника заснованих на *LoRa* модулацији“. Комисија за студије трећег степена Електротехничког факултета Универзитета у Београду је на својој седници одржаној 10.01.2017. године разматрала пријаву теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације упутила Наставно-научном већу на усвајање. Наставно-научно веће је на седници одржаној 25.01.2018. године (Одлука бр. 5063/10-1 од 25.01.2018. год.) именovalo Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације у саставу: др Милан Прокин, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду; др Александар Нешковић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду; др Ненад Јевтић, доцент, Саобраћајни факултет Универзитета у Београду; др Иван Поповић, доцент, Електротехнички факултет Универзитета у Београду; др Драган Олћан, ванредни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду. За ментора дисертације предложен је др Вујо Дрндаревић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Дана 02.02.2018. године одржана је јавна усмена одбрана теме докторске дисертације (докторски испит) пред комисијом у саставу: др Милан Прокин, редовни професор, др

Александар Нешковић, редовни професор, др Ненад Јевтић, доцент, др Иван Поповић, доцент, др Драган Олћан, ванредни професор. Оцена Комисије је да је кандидат Никола Јовалекић на том испиту успешно одбранио предложену тему докторске дисертације.

Комисија за студије трећег степена је на седници одржаној 06.02.2018. године усвојила Записник са јавне усмене одбране теме докторске дисертације. На истој седници Комисија за студије трећег степена је разматрала Извештај комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације кандидата Николе Јовалекића под насловом „Побољшање перформанси бежичних примопредајника заснованих на *LoRa* модулацији“ и сагласила се да се овај извештај упути Наставно-научном већу на усвајање.

На седници Наставно-научног већа одржаној 13.2.2018. године (Одлука бр. 5063/10-2 од 13.2.2018. год.) усвојен је извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације кандидата Николе Јовалекића.

На седници одржаној 26.2.2018. године Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Николе Јовалекића под насловом „Побољшање перформанси бежичних примопредајника заснованих на *LoRa* модулацији“.

Кандидат Никола Јовалекић је 30.08.2018. године предао урађену докторску дисертацију на преглед и оцену.

Комисија за студије трећег степена на седници одржаној 04.09.2018. године је утврдила да кандидат испуњава потребне услове за подношење докторске дисертације на преглед и оцену и Наставно-научном већу Електротехничког факултета упутила предлог Комисије за преглед и оцену докторске дисертације. Наставно-научно веће Електротехничког факултета је на својој седници одржаној 20.9.2018. године (Одлука бр. 5063/10-3 од 20.9.2018. год.) именovalo Комисију за преглед и оцену докторске дисертације у саставу: др Вујо Дрндаревић, редовни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет, др Александар Нешковић, редовни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет, др Ненад Јевтић, доцент, Универзитет у Београду - Саобраћајни факултет, др Иван Поповић, доцент, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет и др Драган Олћан, ванредни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет.

На основу одлуке Наставно-научног већа бр. 3058/2 од 28.12.2010. године, кандидат Никола Јовалекић је Студијски програм започео у пролећном семестру школске 2010/2011, па се рок за завршетак докторских академских студија рачуна од почетка тог семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета. По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија за два семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета, као и додатно продужење за годину дана на основу Одлуке 24-06/2010/5063 од 06.03.2018. године.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом „Побољшање перформанси бежичних примопредајника заснованих на *LoRa* модулацији“ припада научној области Техничке науке – Електротехника и рачунарство, а ужа научна област је Електроника, за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан.

За ментора дисертације је одређен др Вујо Дрндаревић, редовни професор, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду. Ментор испуњава законске услове за ментора докторске дисертације и бави се научним радом из уже научне области Електроника, која је предмет дисертације кандидата.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Никола Јовалекић је рођен 11.10.1982. године у Београду. Завршио је основну школу „Жикица Јовановић Шпанац“ и Девету гимназију „Михајло Петровић Алас“ у Београду. Основне студије је завршио 2007. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, одсек Електроника, са дипломским радом „Задавање управљачких секвенци једносмерном мотору путем SMS порука“. У току студија био је студент демонстратор у лабораторији за предмет Основи електротехнике у периоду од 2003. до 2007. године. У периоду од децембра 2007. до јануара 2011. године био је запослен у Истраживачко-развојном институту за телекомуникације и електронику „Ирител“ у Београду као развојни инжењер у групи за Оптичке системе преноса. У наведеном периоду био је учесник на пројекту технолошког развоја TR32007 као истраживач приправник. Успешно је завршио школу за резервне официре у Војсци Србије у периоду од марта 2009. до септембра 2009. године. Добитник је награде „Илија Стојановић“ за најбољи научни рад на конференцији ТЕЛФОР 2012. године. У периоду од јануара 2011. године до септембра 2015. године био је запослен у компанији „ЕМА“ у Словенији, на позицији развојног инжењера, док је у периоду од септембра 2015. до јуна 2017. године био запослен у словеначкој компанији „Energy Conductors“ такође на позицији развојног инжењера. У јуну 2017. године добија стипендију „IAEA STEP Fellowship“ за израду докторске дисертације у трајању од годину дана у Бечу, Аустрија. Говори енглески, руски и словеначки језик. Аутор је више научних радова публикованих у међународним часописима и на конференцијама.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под називом „Побољшање перформанси бежичних примопредајника заснованих на *LoRa* модулацији“ написана је на енглеском језику (наслов дисертације на енглеском језику "*Improving The Performance Of LoRa Based Wireless Transceivers*") и садржи насловну страну и кратак резиме рада на енглеском и српском језику, садржај, списак слика, списак табела, шест поглавља, списак коришћене литературе, кратку биографију кандидата, изјаву о ауторству, изјаву о истовестности штампане и електронске верзије докторске дисертације и изјаву о коришћењу докторске дисертације.

Наслови поглавља су:

1. Introduction
2. State of the Art
3. Design and Implementation of Novel LoRa Transceiver
4. Laboratory Experiment Results and Discussion
5. Field Experiment Results and Discussion
6. Conclusion

Дисертација садржи 164 стране, 69 слика, 6 табела и 90 референци.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом, уводном поглављу, укратко је објашњена *LoRa* технологија као и њена примена. Такође, уведен је појам енергетски ефикасних мрежа великог домета LPWAN

(*Low-Power Wide Area Network*), који представља основу на којој се развијају савремене сензорске мреже. Укратко су представљени поступци, са посебним освртом на недостатке који су идентификовани у методологији и начину извођења експеримената, који проучавају *LoRa* физички слој. Поред тога, представљене су методе које су коришћене у сврху адресирања идентификованих недостатака. На крају овог поглавља таксативно су дати научни доприноси проистекли из истраживачког рада.

У другом поглављу се детаљно уводе теоријске основе *LoRa* модулације. Објашњени су принципи технике проширеног спектра на којима почива *LoRa* технологија. Дати су и објашњени параметри којима је могуће оптимизовати *LoRa* линкове у смислу брзине преноса, потрошње и осетљивости примопредајника. Представљене су главне предности употребе *LoRa* технологије. У наставку је дат преглед *LoRa* примопредајника развијених од стране различитих истраживачких група као и упоредна анализа хардвера. Након тога је дат преглед комерцијалних примопредајника коришћених у научним експериментима и анализиране су њихове предности и недостаци. У другом делу овог поглавља су представљени експерименти који су послужили за анализу и карактеризацију физичког слоја *LoRa* система. На крају поглавља јасно су идентификоване карактеристике и недостаци примопредајника употребљаваних у експериментима као и недостаци у методологији изведених експеримената и предложена су одређена побољшања.

У трећем поглављу су анализирани и дефинисани захтеви које новоразвијени *LoRa* примопредајник треба да задовољи. При дефинисању захтева посебно су се имала у виду могућа побољшања анализираних примопредајника, која су сагледана и описана у другом поглављу. У наставку је објашњена методологија развоја новог *LoRa* примопредајника. Описана је архитектура примопредајника, изнети су критеријуми на основу којих су изабране електронске компоненте за његову реализацију и описани су поједини детаљи дизајна новог примопредајника. Дати су резултати симулација који анализирају слабљење пасивних мрежа за прилагођење на фреквенцијама од интереса. У наставку излагања дат је модел штампане плоче употребљен за детекцију извора шума на штампаној плочи и извршена је анализа преноса кроз плочу и спрезања са различитим подсклоповима примопредајника. Поред наведених техничких детаља, представљен је и попречни пресек штампане плоче као и материјали који су употребљени за њену реализацију. Анализа лејаута штампане плоче и спроведене симулације показале су да дизајнирана плоче одговара постављеним захтевима. На крају поглавља је дат дијаграм тока програма микроконтролера који управља радом примопредајника и објашњене су функције које се извршавају у сваком кораку.

У четвртном поглављу су представљени поступак и резултати лабораторијских испитивања која су спроведена ради верификације задате функционалности и перформанси новоразвијеног примопредајника. Дати су резултати мерења излазне снаге, осетљивости примопредајника и потрошње. Додатно, утврђени су корекциони фактори за индикатор нивоа сигнала измереног на улазу примопредајника за оба фреквенцијска опсега од интереса (868 MHz и 434 MHz) и испитана је линеарност мерног ланца. Поред тога, утврђена је граница засићења индикатора који мери однос сигнал/шум. На крају овог поглавља презентирани су резултати упоредних мерења и извршена компаративна анализа осетљивости новоразвијеног и два комерцијално доступна примопредајника.

У петом поглављу су представљени резултати испитивања примопредајника у реалним условима, на терену. Дат је преглед примопредајника коришћених у експериментима као и карактеристике антена употребљених на предајној и пријемној страни. Представљени су детаљи експерименталних локација и дати профили терена између предајних и пријемних страна. У наставку је описана експериментална поставка сваког мерења и објашњен је формат пакета као и протокол комуникације између

пријемне и предајне стране. Након тога су дати резултати експеримената који су обављени на следећим трасама:

- 22 km преко морске површине где је задовољен услов оптичке видљивости између предајне и пријемне стране,
- 28 km преко морске површине без постојања оптичке видљивости између предајне и пријемне стране,
- 112 km преко копна где је задовољен услов оптичке видљивости између предајне и пријемне стране, и
- 316 km преко копна где је задовољен услов оптичке видљивости између предајне и пријемне стране.

Резултати експеримента су дати за више различитих *LoRa* параметара у фреквенцијским опсезима 868 MHz и 434 MHz, добијени употребом новоразвијеног примопредајника као и два комерцијално расположива примопредајника. На крају поглавља извршен је осврт на обављена мерења и анализа добијених резултата.

У шестом поглављу су сумирани резултати остварени у овој дисертацији и истакнут је значај постигнутих резултата у реализацији примопредајника са побољшаним карактеристикама. Поред тога, сумирани су резултати истраживања спроведених у оквиру ове докторске дисертације у контексту могућности примене и ограничења употребе *LoRa* технологије у реализацији дугачких и врло дугачких линкова. На крају овог поглавља су предложени даљи правци истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Технологије које су до сада употребљаване омогућавале су повезивање мерних тачака које се налазе на релативно малим растојањима. Међутим, појавом технологија као што је *LoRa*, остварени су технички услови да се те раздаљине значајно повећају, што је резултирало увођењем новог концепта под називом Енергетски ефикасне мреже великог домета (LPWAN). *LoRa* технологија је један од главних кандидата да постане доминантна технологија у таквим системима. Може се очекивати да ће ова технологија играти важну улогу и у развоју и имплементацији концепта Интернета ствари, који представља нову парадигму у дизајну и начину повезивања сензора и сензорских мрежа.

Иако је *LoRa* технологија развијена да би била употребљавана управо у сценаријима где се захтева повезивање тачака на великим удаљеностима, експерименти урађени до сада, који су и јавно презентирани, не дају увид у карактеристике таквих линкова. Поред тога, закључци изведени из урађених експеримената се заснивају на резултатима добијеним употребом комерцијалних развојних система који нису калибрисани у смислу мерења нивоа сигнала на улазу примопредајника, а услед различитих компромиса, који су прављени у фази развоја у сврху повећања функционалности примопредајника, деградирана је осетљивост самог примопредајника.

У предметној дисертацији се приступило системски и, након уводних разматрања, постављени су захтеви које новоразвијени примопредајник треба да задовољи, како по питању функционалности тако и у погледу перформанси. Затим је представљена методологија која је употребљена да се до таквог решења дође, као и резултати симулација који су потврдили могућности практичне реализације примопредајника који испуњава постављене захтеве. У наставку истраживања извршена су лабораторијска испитивања која су показала да је осетљивост таквог примопредајника већа од

осетљивости коју поседују два широко заступљена комерцијална примопредајника. Завршна фаза експериментисања, која се односила на испитивања на терену, показала је да је имуност новоразвијеног примопредајника на спољне сметње већа од имуности комерцијалних примопредајника.

Нови примопредајник, конципиран и реализован у оквиру ове дисертације, употребљен је у испитивању дугачких (дужине преко 100 km) и врло дугачки (дужине преко 300 km) *LoRa* линкова, како би се дошло до нових сазнања о могућностима *LoRa* технологије и њеним ограничењима. Генерализација резултата је постигнута тако што су линкови испитани за карактеристичне *LoRa* параметре, покривајући различите режиме рада као што су режим највеће осетљивости, режим најмање потрошње и комбиновани режим, који представља компромис између осетљивости, потрошње и брзине преноса. Резултати експеримената су показали да *LoRa* технологија може да одговори на захтеве система који имплементирају дугачке и врло дугачке линкове.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је детаљно претражио релевантну литературу и упознао се са обављеним истраживањима и публикованим резултатима других аутора у области којом се бави ова докторска дисертација. У докторској дисертацији је прецизно наведено 90 библиографских референци на радове који су у вези са темом дисертације. Литература садржи релевантне радове са најновијим резултатима у области дисертације, укључујући и објављене радове кандидата. Искazi у свим поглављима дисертације су добро поткрепљени цитатима одговарајућих радова.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија истраживања у оквиру докторске дисертације састојала се у следећем:

- проучавање доступне литературе из области дисертације ради сагледавања актуелног стања науке и технике у ужој посматраној области,
- компаративна анализа хардверских решења комерцијално расположивих примопредајника као и примопредајника развијених од стране различитих истраживачких група заснованих на *LoRa* модулацији,
- истраживања, анализе, симулације и развој хардвера примопредајника коришћењем нових метода за побољшање осетљивости на пријему и имуности на спољне сметње,
- лабораторијска испитивања и евалуација перформанси развијеног примопредајника; упоредна испитивања развијеног и одговарајућих расположивих комерцијалних примопредајника
- упоредна испитивања развијеног и одговарајућих расположивих примопредајника у реалним условима на терену,
- развој и примена статистичких метода за обраду података добијених у лабораторијским и реалним условима испитивања.

3.4. Применљивост остварених резултата

Истраживања реализована у оквиру ове дисертације имала су за циљ да се развије нови *LoRa* примопредајник са побољшаним карактеристикама у смислу осетљивости и

имуности на спољне сметње, и да се испитају могућности примене и ограничења *LoRa* технологије у имплементацији дугачких и врло дугачких линкова.

Општост остварених резултата одликује се и у томе што се методологија која је коришћена у развоју новог примопредајника може успешно применити и за развој других сродних бежичних примопредајника. У дисертацији је показано како се може потиснути интерференција сметњи и шума између дигиталног дела примопредајника и веома осетљивог радио дела и како се може снизити ниво шума на целој штампаној плочи, па самим тим и повећати осетљивост на пријему. Представљена методологија се може применити у имплементацији нових комуникационих уређаја, поготову ако се узму у обзир резултати испитивања у лабораторијским условима и на терену, који показују да је имуност на спољне сметње новоразвијеног примопредајника значајно већа од имуности два посматрана репрезентативна широко употребљавана комерцијална примопредајника.

Резултати експеримената на дугачким и веома дугачким трасама показују да је *LoRa* технологија применљива и у системима који захтевају пренос података на великим растојањима. Резултати мерења указују да је технологија посебно применљива у реализацији система који се употребљавају за сигнализацију и заштиту од различитих природних катастрофа као што су ерупције вулкана, клизишта земљишта, различите врсте лавина и др., јер је у таквим случајевима, када постоји оптичка видљивост, могућ пренос података на велике даљине у свим или скоро свим правцима у односу на позицију предајника.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Никола Јовалекић је приликом израде ове докторске дисертације показао систематичност у раду, способност за препознавање отворених питања и актуелних тема у науци, као и зрелост и самосталност при анализи и решавању проблема. Свеобухватан приступ, који се састојао из теоријског истраживања, развоја хардвера и софтвера, симулација и експерименталне верификације, потврђује да је кандидат свестран и компетентан истраживач, потпуно оспособљен за самостални научни рад. Резултате научног рада настале током израде ове докторске дисертације кандидат је објавио у два научна рада публикована у часописима са импакт фактором и у једном раду публикованим у зборнику радова међународне конференције.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси које је кандидат Никола Јовалекић остварио кроз истраживања описана у овој дисертацији су следећи.

- Развој новог *LoRa* примопредајника са побољшаним карактеристикама у смислу осетљивости и имуности на спољне сметње.
- Карактеризација подсклопа за мерење односа сигнала према шуму унутар *LoRa* модема у смислу линеарности.
- Карактеризација подсклопа за мерење нивоа примљеног сигнала у смислу линеарности и одређивање корелације између вредности нивоа сигнала доступног у регистру *LoRa* модема и тренутне вредности сигнала на улазу у примопредајник.

- Анализа дугачких *LoRa* линкова (дужих од 20 km) преко површине мора у два случаја: 1) када постоји оптичка видљивост између предајне и пријемне стране; 2) када је оптичка видљивост између предајне и пријемне стране потпуно блокирана.
- Анализа дугачких (дужих од 100 km) и врло дугачких линкова (дужих од 300 km) успостављених преко копна када постоји оптичка видљивост између предајне и пријемне стране.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Досадашња истраживања и анализа предности и ограничења *LoRa* технологије су се заснивала на употреби комерцијалних примопредајника у експериментима и анализи *LoRa* линкова на малим удаљеностима у два типична сценарија: унутар објеката (*indoor scenario*) и унутар градова (*urban scenario*). Параметри линка доступни у *LoRa* модему, као што су ниво примљеног сигнала и однос сигнал/шум, су употребљавани у анализи без карактеризације тих подсклопова у смислу линеарности и калибрације.

У истраживачком раду обављеном у оквиру ове докторске дисертације је прво развијен нови примопредајник са побољшаним карактеристикама у смислу осетљивости и имуности на спољне сметње, а затим је такав примопредајник употребљен у мерењима која су омогућила дубљи увид у *LoRa* технологију у експерименталним сценаријима који обухватају дугачке и врло дугачке линкове преко морске површине и копна.

Увидом у дисертацију, полазне хипотезе и циљеве истраживања, Комисија констатује да је кандидат успешно одговорио на постављене изазове и да остварени резултати оправдавају почетна очекивања.

4.3. Верификација научних доприноса

Из најуже области непосредно везане за тему докторске дисертације, кандидат је објавио следеће радове у међународним часописима и зборницима радова.

Рад у међународном часопису - категорија M21:

N. Jovalekic, V. Drndarevic, I. Darby, M. Zennaro, E. Pietrosemoli, and F. Ricciato, "LoRa Transceiver With Improved Characteristics," *IEEE Wireless Communication Letters*, Early Access. ISSN 2162-2337, IF = 3.096, doi: 10.1109/LWC.2018.2855744

N. Jovalekic, V. Drndarevic, E. Pietrosemoli, I. Darby, and M. Zennaro, "Experimental Study of LoRa Transmission over Seawater," *Sensors*, vol. 18, no. 9, article number 2853. ISSN 1424-8220, IF = 2.475, doi: 10.3390/s18092853

Рад на међународној конференцији - категорија M33:

N. Jovalekic, E. Pietrosemoli, M. Rainone, M. Zennaro, "Smart and Very Distant Objects," - *Proceedings of the 3rd Workshop on Experiences with the Design and Implementation of Smart Objects 2017*, Snowbird, Utah, USA, 2017, pp.29-34.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У својој докторској дисертацији под насловом „Побољшање перформанси бежичних примопредајника заснованих на *LoRa* модулацији“, која је написана на енглеском језику (наслов дисертације на енглеском језику "*Improving The Performance Of LoRa Based Wireless Transceivers*"), кандидат Никола Јовалекић, дипломирани инжењер електротехнике, је развио нови *LoRa* примопредајник са побољшаним карактеристикама у смислу осетљивости и имуности на спољне сметње и употребио га да испита особине *LoRa* линкова на дугачким трасама дужим од 100 km и на врло дугачким трасама дужим од 300 km преко копна, као и на дугачким трасама дужим од 20 km преко морске површине, и то у два фреквенцијска опсега, 868 MHz и 434 MHz. Текст дисертације је написан јасно и разумљиво и добро је организован кроз поглавља и одељке. Циљеви дисертације су јасно формулисани, а резултати истраживања систематски изложени и упоређени са постојећим научним резултатима, тако да се научни доприноси могу недвосмислено утврдити.

Из области докторске дисертације кандидат је, као први аутор, објавио два рада у истакнутим међународним часописима са импакт фактором и један рад у зборнику радова са међународне конференције. Тиме је показао способност за самосталан научни рад и потврдио оригиналан, савремен и значајан научни допринос.

Комисија констатује да дисертација садржи оригиналне научне доприносе, испуњава све законске, формалне и суштинске услове као и све критеријуме који се уобичајено примењују приликом вредновања докторских дисертација на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под насловом „Побољшање перформанси бежичних примопредајника заснованих на *LoRa* модулацији“ кандидата Николе Јовалекића прихвати, а кандидату одобри усмена одбрана.

У Београду, 26.09.22018. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Вујо Дрндаревић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

.....
Др Александар Нешковић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

.....
Др Ненад Јевтић, доцент
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

.....
Др Иван Поповић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

.....
Др Драган Олћан, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет