

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Немање Митровића дипломираног инжењера електротехнике

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5044/15-3 од 19.4.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Немање Митровића под насловом

### **Одређивач правца заснован на пасивној вишеканалној детекцији електромагнетског сигнала**

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 Немања Митровић се уписао на докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду школске године 2009/2010. Испите на докторским студијама је положио са просечном оценом 10.

Немања Митровић је 3.5.2018. године пријавио тему за израду докторске дисертације под називом „Одређивач правца заснован на пасивној вишеканалној детекцији електромагнетског сигнала“. Комисија за студије трећег степена Електротехничког факултета Универзитета у Београду је на седници одржаној 8.5.2018. године разматрала пријаву теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације упутила Наставном-научном већу на усвајање. Наставно-научно веће је на седници одржаној 15.5.2018. године (Одлука бр. 5044/15-1 од 15.5.2018. год.) именovalo Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације у саставу: др Милан Прокин, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду; др Зоран Филиповић, научни сарадник, Лола институт; др Марија Стевановић, ванредни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду; др Александар Ракић, ванредни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду. За ментора дисертације предложен је др Милан Поњавић, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Дана 25.05.2018. године одржана је јавна усмена одбрана теме докторске дисертације (докторски испит) пред комисијом у саставу: др Милан Прокин, редовни професор, др Зоран

Филиповић, научни сарадник, др Марија Стевановић, ванредни професор, и др Александар Ракић, ванредни професор.

Комисија за студије трећег степена је на седници одржаној 5.6.2018. 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 Немање Митровића под насловом „Одређивач правца заснован на пасивној вишеканалној детекцији електромагнетског сигнала“ и сагласила се да овај извештај упути Наставно-научном већу на усвајање.

На седници Наставног-научног већа одржаној 12.6.2018. године (Одлука бр. 5044/15-2 од 12.6.2018. год.) усвојен је извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације кандидата Немање Митровића.

На седници одржаној 25.6.2018. године Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Немање Митровића под насловом „Одређивач правца заснован на пасивној вишеканалној детекцији електромагнетског сигнала“, (Одлука бр. 61206-3373/2-18 од 27.8.2018. године).

Кандидат Немања Митровић је 28.3.2019. године предао урађену докторску дисертацију на преглед и оцену.

Комисија за студије трећег степена на седници одржаној 2.4.2019. 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, на својој седници одржаној 9.4.2019. године (Одлука бр. 5044/15-3 од 19.4.2019. године), именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације у саставу: др Милан Поњавић, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Милан Прокин, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Петар Лукић, редовни професор (Универзитет у Београду – Машински факултет), др Марија Стевановић, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет) и др Александар Ракић, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет).

Кандидат Немања Митровић уписан је у прву годину докторских студија школске 2009/2010 године. По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, кандидат је поново уписан на трећу годину студија школске године 2015/2016 уз признавање испита. Због привременог рада у иностранству, кандидату је одобрено мировање школске године 2015/2016. По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев кандидата, а на основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 74. Статута Универзитета у Београду-Електротехничког факултета, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма.

## 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом „Одређивач правца заснован на пасивној вишеканалној детекцији електромагнетског сигнала“ припада научној области Техничке науке – Електротехника и рачунарство, ужа област Електроника, за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан.

За ментора дисертације је одређен др Милан Поњавић, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду, због значајних доприноса у области теме докторске дисертације као и бављењем научним радом из уже научне области Електроника, која је предмет дисертације кандидата.

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

Немања Митровић је рођен 24.12.1983. године у Београду. Завршио је основну школу „Иво Андрић“ и Четврту београдску гимназију у Београду. Основне студије је завршио 2007. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, одсек Електроника, са дипломским радом „Позиционирање помоћу корачних мотора коришћењем MSP430F1232 микроконтролера“. У периоду од фебруара 2008. фебруара 2012. године био је запослен у Институту за Микроталасну Технику и Електронику „ИМТЕЛ“ у Београду као стручни сарадник, где је стекао научно звање истраживача. У наведеном периоду био је учесник на три пројекта технолошког развоја TP-11037, TP-11038 и TP-32052, као и на пројекту интегралних интердисциплинарних истраживања ИИИ-45016. На претходно наведеним пројектима учествовао је у реализацији неколико техничких решења. У периоду од фебруара 2012. до децембра 2017. године био је запослен у компанији ELSYS-у, где је као изнајмљени инжењер радио за Texas Instruments, Intel и NXP. Од децембра 2017. године запослен је у компанији Chipglobe, где ради као изнајмљени инжењер у Infineon-у. Говори енглески, француски, шпански и руски језик. Аутор је више научних радова публикованих у међународним часописима и конференцијама.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под називом „Одређивач правца заснован на пасивној вишеканалној детекцији електромагнетског сигнала“ садржи насловну страну и кратак резиме рада на српском и енглеском језику, садржај, једанаест поглавља, списак коришћене литературе, кратку биографију кандидата, изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације, и изјаву о коришћењу докторске дисертације.

Наслови поглавља су:

1. Увод
2. Антенски системи погодни за одређивање правца
3. Технике одређивања правца
4. Одређивање правца
5. Широкопојасна, вишеканална детекција
6. Модификације критеријума оптималности елемената антенског низа
7. Оптимални број елемента антенског низа
8. Пројектовање система за одређивање правца
9. Ефикасна микс-сигнал обрада
10. Одређивање метролошких карактеристика DF-а
11. Закључак

Дисертација садржи 143 стране, 71 слику, 13 табела и 103 референце.

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом (уводном) поглављу, укратко је дата потреба за одређивањем правца електромагнетног сигнала (енг. direction finder - DF), преглед постојећих техника за одређивање релативног правца и смера емитујућег зрачења (енг. direction of arrival - DOA) и преглед захтева савремених DF система.

У другом поглављу приказане типичне антене погодне за DF примене, уз преглед фреквенцијских опсега, њихове номенклатуре, као и дијаграма зрачења за различите типове

антена. Посебан осврт је направљен на микроталасне пирамидалне хорн антене које су коришћене у дисертацији. Дискутоване су погодности и мане одређених дијаграма зрачења у амплитудским DF техникама.

У трећем поглављу анализирани су класичне DF технике и супер-резулциони методи. Дискутовано је одређивање DOA директним приступом поређења детектованих амплитуда и/или фаза у случају класичних техника, као и одређивање DOA супер-резулционим техникама, које сложеним процесирањем података сублимирају све расположиве корисне информације, с циљем повећања и резолуције и разликовања блиских циљева.

У четвртном поглављу приказани су амплитудски методи одређивања правца базирани на монопулсном радарском методу. Објашњени су основни типови поређења засновани на збиру и разлици амплитуда антенских сигнала, на двочланом/четворочланом антенском низу, као и принципи амплитудске детекције логаритамским амплитудским детектором. Дато је упоредно поређење метода логаритамске разлике амплитуда долазних сигнала, метода „нормализацијом” разлике и збира амплитуда долазног сигнала, као и „егзактни” метод, оформљеним критеријумом амплитудског опсега.

У петом поглављу дискутован је значај вишеканалне детекције и утицај ширине фреквенцијског опсега на дијаграме зрачења антена. Показано је да се вишеканалном детекцијом остварује разликовање блиских циљева када су зрачећи елементи на различитим фреквенцијским каналима.

У шестом поглављу дат је метод пројектовања елемената антенског низа, који енкапсулира постојећи стандардни метод пројектовања оптималне хорн антене и проширује га за параметре габарита и ширине дијаграма зрачења антенских елемената.

У седмом поглављу процењен је оптимални број елемената антенског низа за имплементацију DF-а базираног на монопулсном радарском методу поређењем разлике логаритама амплитуда сигнала са суседних антена.

У осмом поглављу приказано је пројектовање DF система са циркуларним антенским низом, логаритамским амплитудским детектором, локалним синтетизатором учестаности и јединицом за микс-сигнал процесирање.

У деветом поглављу описан је имплементирани проточни (pipeline) DF алгоритам, базиран на управљању вишеканалном детекцијом, аквизицијом сигнала и ефикасном одређивању DOA. Дискутована је ефикасност одређивања DOA применом део по део линеарне апроксимације криве разлике логаритама амплитуда сигнала са суседних антена и претраге референтне табеле.

У десетом поглављу приказане су метролошке карактеристике пројектованог DF система, уз прорачун мерне несигурности за свако мерење. Приказана су лабораторијска мерења метролошких карактеристика синтетизатора учестаности, улазних RF филтара, дијаграма зрачења антена и усаглашености парова пријемник-антена, као и теренска мерења прецизности детекције и алгоритма одређивања DOA.

У једанаестом, закључном поглављу, сумирани су резултати остварени у овој дисертацији и истакнут значај постигнутих резултата пројектовања вишеканалног микроталасног одређивача правца. Резултати остварени у овој дисертацији, дискутовани су и у контексту ограничења и могућности примене.

### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Појам DF се најчешће везује за системе стационарног типа или за габаритне стратешке објекте и средства. Одсуство портабилности DF-ова, везано је пре свега за високо габаритне антене и/или антенске низове, над којима је нека од класичних техника заснована. Познате касичне DF технике, као што су Watson Watt, псеудо-Doppler и техника корелативног интерферометра, базирани су на директном приступу одређивања DOA и намењене су VHF и UHF опсезима па би такви антенски системи не би били оптимални на микроталасном опсегу.

Основи проблеми са којима се сусрећу класичне DF технике су неодређеност смера и разликовање угловно блиских циљева. Док се проблем неодређености смера решава повећањем хардвера увођењем додатне референтне антене, разликовање блиских циљева је тема комплексних супер-резулционих метода. Супер-резулционим методима јесте могуће разликовати угловно блиске циљеве на истој фреквенцији, али на рачун ефикасности процесирања алгоритма одређивања, што их чини непогодним за рад у реалном времену. Са друге стране, због практичних разлога као што су интерференција и ометање, циљеви најчешће нису на истим фреквенцијама, па у таквим случајевима супер-резулциони методи не доносе велики добитак.

Може се констатовати да захтеви на које треба да одговори савремени портабилни DF систем јесу: мале димензије, могућност класификације и разликовања блиских циљева, задржавање ефикасног процесирања података из класичних техника, и рад у реалном времену.

У предметној дисертацији, проблематици се приступило системски и након уводних разматрања постављени су захтеви које новоразвијени DF треба да задовољи, како по питању функционалности тако и по питању перформанси. Затим је представљена методологија која је употребљена да се до таквог решења дође, као и резултати симулација који су потврдили могућност практичне реализације DF-а који испуњава постављене захтеве. У наставку истраживања извршена су лабораторијска мерења која су показала: равну фреквенцијску карактеристику синтетизатора учестаности у широком фреквенцијском опсегу, ефикасан алгоритам одређивања DOA који се извршава у краћем временском периоду од времена постављања синтетизатора учестаности (чиме је задовољен услов за рад у реалном времену), очекивану ширину дијаграма зрачења, и усаглашеност парова пријемник-антена након аутокалибрације. Завршна експериментална фаза, која се односила на теренска мерења, показала је прецизност детекције и естимацију DOA.

Применом новоформираног метода за пројектовање елемената антенског низа остварена је минимизација габарита истог, и сведен је на ниво величине пријемника, чиме је остварена портабилност уређаја. Применом вишеканалне детекције остварено је разликовање блиских циљева на различитим фреквенцијским каналима, као и класификација извора зрачења. Усаглашавањем процесирања ефикасног алгоритма и временског слота постављања наредног канала вишеканалне детекције омогућено је одређивање DOA у реалном времену.

#### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је детаљно претражио релевантну литературу и упознао се са објављеним истраживањима и публикованим резултатима других аутора у области којом се бави ова

докторска дисертација. У докторској дисертацији је прецизно наведено 103 библиографских референци на публикације које су у вези са темом дисертације. Литература садржи релевантне радове са најновијим резултатима у области дисертације, укључујући и објављене радове кандидата. Искази 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,
- комперативна анализа касичних техника и супер-резулционих метода DF-ова, са освртом на габарите, тип детекције, фреквенцијски опсег, способности разликовања и класификације блиских циљева,
- формиран је научни метод пројектовања елемената антенског низа и процену оптималног броја антенских елемената, погодан за имплементацију DF-а базираног на амплитудском монопулсном радарском методу, који енкапсулира постојећи метод пројектовања оптималног хорна и проширује га у зависности од компромиса габарита низа и оптималне ширине дијаграма зрачења,
- развијен је научни метод за одређивање метролошких карактеристика прецизности детекције и процесираниог алгоритма DOA у теренским условима, помоћу специфичне методе емулације предајника применом сигнал генератора, променљиве фреквенције и напонског нивоа, и усмерене антене оштрог елевационог угла у односу на подлогу, са циљем избегавања детекције бочних лобова, и ротације тестираног хардвера,
- развијен је научни метод за одређивање метролошких карактеристика синтетизатора учестаности у лабораторијским условима, као и софтверска метода за проверу ефикасности алгоритма и брзине одзива промене канала, с циљем одређивања временског слота у коме треба извршити алгоритам DOA, као и проверу генерисања информације о позицији у реалном времену,
- развијен је научни метод за одређивање метролошких карактеристика дијаграма зрачења елемената антенског низа у лабораторијским условима,
- развијен је софтверски контролисан научни метод за одређивање метролошких карактеристика усаглашености нивоа парова пријемник-антена у лабораторијским условима.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

Истраживања реализована у оквиру ове дисертације имала су за циљ развој портабилног DF-а са способношћу класификације и разликовања блиских циљева уз задржавање особине рада у реалном времену, што је карактеристика класичних техника.

У овој дисертацији развијен је метод пројектовања елемената антенског низа малих габарита, што га чини применљивим за пројектовање портабилних DF система. Показано је да је применом софтверски контролисане вишеканалне детекције могуће класификовати и разликовати блиске циљеве на различитим фреквенцијским каналима. Развијен је ефикасни алгоритам одређивања DOA и показано је мерењима како се уклапа у хардверска ограничења постављања канала, чиме је остварено процесирање у реалном времену.

Применљивост остварених резултата је пре свега за потребе системима за рано дојављивање, а поред тога и за потребе у другим цивилним и научним применама, као што су откривање DF покретних предајника и базних станица, радио осматрање у форми препознавања и отклањања интерференција у везама и лоцирања неауторизованих предајника, сигурносни сервиси са циљем препознавања и сузбијања криминалних радњи,

сложени више-улазни комуникациони системи чија обрада зависи и од информације о позицији предајника, и др.

### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Немања Митровић 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 научним радовима публикованим у часопису са импакт фактором и у зборницима радова међународних конференција.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси које је кандидат Немања Митровић остварио кроз истраживања описана у овој докторској дисертацији су следећи:

- Пројектовање вишеканалног DF система и имплементација алгоритама за одређивање DOA заснованог на монопулсном радарском методу поређења разлике логаритама амплитуда сигнала, добијених са суседних елемената антенског низа. Одликује га изузетна ефикасност, што га чини погодним за примене у реалном времену.
- Примена паметне микс-сигнал обраде, која комбинује контролу аналогних делова са поменутиим алгоритмом. Прецизном контролом синтетизатора фреквенција, техникама директне дигиталне синтезе и фазно-контролисане петље, обезбеђена је равна фреквенцијска карактеристика детектора у широком опсегу ултра-високих фреквенција, као и вишеканална детекција.
- Формирање метода пројектовања елемената антенског низа, погодног за DF-ове базиране на амплитудском монопулсном радарском методу, који енкапулира постојећи класични метод пројектовања оптималне хорн антене, и проширује га за параметар ширине дијаграма зрачења.
- Одређивање оптималног броја елемената антенског низа, за одређивање DOA разликом логаритама амплитуда суседних антенских елемената.
- Вишеканална детекција чији је значај у томе да пружа могућност класификације предајника, могућност разликовања позиција свих активних предајника у датом опсегу учестаности, као и разликовање блиских предајника.
- Примена софтверске дигиталне регулације појачања применом аутокалибрације, јер омогућује дистрибуцију пријемника у простору, смањујући укупну величину хардвера.
- Одређивање метролошких карактеристика пројектованог DF система и алгоритма за одређивање DOA

#### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Досадашња истраживања и анализа предности и ограничења показала су да је супер-резулционим методима могуће разликовати углавно блиске циљеве на истој фреквенцији на рачун ефикасности процесирања алгоритма одређивања DOA. Због практичних разлога, као што су интерференција и ометање, циљеви најчешће нису на истим фреквенцијама. Са друге стране, познате касичне DF технике, као што су Watson Watt, псеудо-Doppler и техника корелативног интерферометра, због директног приступа одређивања DOA су ефикасније. Намењене су *VHF* и *UHF* опсезима и примењиване су на системима стационарног типа или на габаритним стратешким средствима, због великих габарита антена и/или антенских низова. Габарити DF-а поменутих класичних техника додатно се повећавају приближавањем микроталасном опсегу.

У истраживачком раду објављеном у оквиру ове дисертације примењена је вишеканална детекција, која омогућује разликовање блиских циљева на различитим каналима, и која имплементира ефикасан алгоритам одређивања DOA погодан за рад у реалном времену. У истраживачком раду показано је како је могуће пројектовати микроталасни антенски низ, с циљем смањења габарита и очувања ширине дијаграма зрачења, која представља неопходан услов за примену амплитудског монопулсног радарског метода.

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.

##### Категорија M21:

1. **Mitrović, N.M.** and Ponjavić, M.M.: Multichannel 2-D Direction Finding Based On Differential Amplitude Detection, *-IEEE Sensors Journal*, vol. 15, issue 9, pp. 5064-5070, 2015 (**IF=1.852**) (Print ISSN: 1530-437X) (DOI: 10.1109/JSEN.2015.2434876)

##### Категорија M33:

1. **Mitrović, N.M.**, Obradović, D.D., Manojlović, P.S., and Jovanović, S.P.: "Pulse Measurements via Portable Wideband Microwave Detector", *-Proceedings of the 10<sup>th</sup> IEEE International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, TELSIKS 2011*, Niš, Serbia, 2011., Vol. 2, p.529-531, 2011 (Print ISBN: 978-1-4577-2018-5) (DOI: 10.1109/TELSKS.2011.6143169)
2. **Mitrović, N.M** and Djurović, Z.: "Toward Adaptive Initialization of New Tracks in MTT Systems", *-Proceedings of the 46<sup>th</sup> International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies, ICEST2011*, Niš, Serbia, 2011., vol. 1, pp. 149-152 (ISBN 978-86-6125-031-6)



3. **Mitrović, N.M.**, Obradović, D.D., and Manojlović, P.S.: “Analysis of Wide Band Unknown Microwave Signals Detected by One Antenna”, -*Proceedings of the 45<sup>th</sup> International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies, ICEST2010*, Ohrid, Macedonia, 2010., vol. 1, pp. 123-126 (ISBN: 978-9989-786-58-7)
4. **Mitrović, N.M.**, Obradović, D.D., and Tasić, S.A.: “High Frequency Low Cost Fast Channel Switching Synthesizer”, -*Proceedings of the 9<sup>th</sup> IEEE International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, TELSIKS2009*, Niš, Serbia, 2009., vol. 1, pp.48-51 (E-ISBN : 978-1-4244-4383-3) (Print ISBN: 978-1-4244-4382-6) (DOI: 10.1109/TELSKS.2009.5339494)
5. Jovanović, S.P., Manojlović, P.S., Obradović, D.D., and **Mitrović, N.M.**: “Wideband Receiver for Signal Detection in Frequency Range from 15 to 19GHz”, -*Proceedings of the 45<sup>th</sup> International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies, ICEST2010*, Ohrid, Macedonia, 2010., vol. 2, pp. 545-548 (ISBN: 978-9989-786-58-7)

Категорија М63:

1. 2. **Митровић, Н.М.**, Обрадовић, Д.Д. и Манојловић, П.С.: “Једна метода одређивања азимута извора зрачења употребом хорн антена ”, -*Зборник радова 53. конференције ЕТРАН2009*, Брњачка бања, Србија, 2009., АР1.2 1-4 (ISBN: 978-86-80509-64-8)
2. **Митровић Н.М.**, Обрадовић, Д.Д., Тасић, С.А. и Гајић, Ж.: “Управљање синтезом учестаности (DSS i PLL) на бази SiLabs C8051F121 микроконтролера”, -*XVI Телекомуникациони форум ТЕЛФОР2008*, Београд, Србија, 2008., pp. 293-296 (ISBN: 978-86-7466-337-0)
3. Јовановић, С.П., Манојловић, П.С., Тасић, С.А., Обрадовић, Д.Д. и **Митровић, Н.М.**: “Широкопојасни пријемник за детекцију сигнала у опсегу 11-15 GHz”, -*XVI Telekomunikacioni forum TELFOR2010*, Београд, Србија, 2010., pp. 856-859 (ISBN: 978-86-7466-392-9)
4. Тасић, С.А., Тодоровић, Б.М. и **Митровић, Н.М.**: “Једно решење фреквенцијског синтетизатора UVF радио-уређаја који користи технику проширеног спектра методом директне секвенце”, -*Зборник радова 53. конференције ЕТРАН2009*, Врњачка бања, Србија, 2009., ТЕЗ.2 1-4 (ISBN: 978-86-80509-64-8)

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

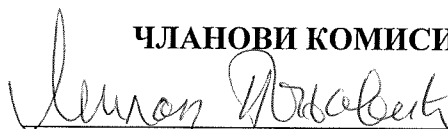
У својој докторској дисертацији под насловом „Одређивач правца заснован на пасивној вишеканалној детекцији електромагнетског сигнала“, кандидат Немања Митровић, дипломирани инжењер електротехнике, приказао је пројектовање портабилног вишеканалног DF система, са способношћу класификације и детекције блиских циљева на различитим фреквенцијским каналима, и ефикасног алгорита за одређивање DOA, неопходног за рад у реалном времену. За потребе DF система осмишљен је одговарајући метод пројектовања антенског низа и процену оптималног броја антенских елемената, који енкапсулира постојећи метод пројектовања оптималне хорн антене и проширује га за компромисни однос габарита и ширине дијаграма зрачења. 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 дисертације кандидат је, као први аутор, објавио рад у истакнутом међународном часопису са импакт фактором и неколико радова у зборницима радова са међународних конференција. 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 је уобичајено примењују приликом вредновања докторских дисертација на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Комисија предлаже Наставном-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под насловом „Одређивач правца заснован на пасивној вишеканалној детекцији електромагнетског сигнала“ кандидата Немање Митровића прихвати, а кандидату одобри усмена одбрана.

У Београду, 23.4.2019. год.

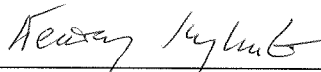
### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



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



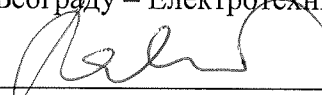
др Милан Прокин, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Петар Лукић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Машински факултет



др Марија Стевановић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Александар Ракић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет