

Универзитет у Београду  
Електротехнички факултет

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње **Маје Росић**, мастер инжењера електротехнике и рачунарства

Одлуком бр. 5040/14-3 од 27.11.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње **Маје Росић** под насловом

**„Пасивни модел позиционирања у бежичним сензорским мрежама заснован на адаптивним хибридном хеуристичким алгоритмима“**

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

Маја Росић је школске 2014/2015 уписала докторске академске студије Електротехнике и рачунарства, модул Телекомуникације, на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Све испите предвиђене планом докторских студија положила је са највишом оценом 10.

Кандидаткиња је 27.02.2020. године пријавила тему за израду докторске дисертације под насловом „Пасивни модел позиционирања у бежичним сензорским мрежама заснован на адаптивним хибридном хеуристичким алгоритмима“. За ментора предложена је др Мирјана Симић-Пејовић, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Комисија за студије трећег степена Електротехничког факултета Универзитета у Београду разматрала је 03.03.2020. године предлог теме за израду докторске дисертације и упутила предлог Комисије за оцену подобности теме и кандидата на усвајање Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета Универзитета у Београду именовало је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5040/14-1 од 10.03.2020. године) у саставу:

1. др Мирјана Симић-Пејовић, ванредни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду,
2. др Александар Нешковић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду,
3. др Горан Лазовић, ванредни професор, Машински факултет Универзитета у Београду,
4. др Предраг Пејовић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду,

5. др Милан Бјелица, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

На јавној усменој одбрани теме докторске дисертације, одржаној 03.06.2020. године, кандидаткиња Маја Росић успешно је положила докторски испит са оценом „задовољила“.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета Универзитета у Београду усвојило је Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5040/14-2 од 24.06.2020. године). За ментора дисертације именована је др Мирјана Симић-Пејовић, ванредни професор.

Веће научних области техничких наука дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације (Одлука бр. 61206-2112/2-20 од 06.07.2020. године).

Кандидаткиња је 05.11.2020. године предала докторску дисертацију на преглед и оцену. Комисија за студије трећег степена потврдила је 10.11.2020. године испуњеност потребних услова за подношење предлога за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета Универзитета у Београду именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације под насловом „Пасивни модел позиционирања у бежичним сензорским мрежама заснован на адаптивним хибридном хеуристичким алгоритмима“ (Одлука бр. 5040/14-3 од 27.11.2020. године) у саставу:

1. др Мирјана Симић-Пејовић, ванредни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду,
2. др Александар Нешковић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду,
3. др Горан Лазовић, ванредни професор, Машински факултет Универзитета у Београду,
4. др Предраг Пејовић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду,
5. др Милан Бјелица, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

Кандидаткиња Маја Росић започела је студијски програм 2014. године. На захтев студента, сагласно члану 101. Статута Универзитета у Београду, и члану 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 кандидаткиње Маје Росић под насловом „Пасивни модел позиционирања у бежичним сензорским мрежама заснован на адаптивним хибридном хеуристичким алгоритмима“ припада научној области Техничке науке-Електротехника, ужој научној области Телекомуникације, за коју је матичан Електротехнички факултет Универзитета у Београду. За ментора докторске дисертације одређена је др Мирјана Симић-Пејовић, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду, која се дужи период бави истраживањима у ужој научној области Телекомуникације, а посебно у области позиционирања, којом се бави предметна докторска дисертација.

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Маја Росић је рођена 09.06.1990. године у Београду. Основну школу и „Трећу београдску гимназију“, природно-математички смер, завршила је са одличним успехом. Основне академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду уписала је 2009. године. Дипломирала је на одсеку за Телекомуникације и информационе технологије, смер Радио комуникације 2013. године, са просечном оценом 8.31. Дипломски рад на тему „Принципи кооперативног позиционирања у радио системима“ одбранила је са оценом 10.

Ментор дипломског рада била је др Мирјана Симић-Пејовић, ванредни професор. Мастер академске студије уписала је 2013. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, модул Системско инжењерство и радио комуникације, а завршила 2014. године са просечном оценом 9.80. Мастер рад одбранила је са оценом 10 на тему „Одређивање локације предајника применом оптимизационих метода“. Ментор мастер рада била је др Мирјана Симић-Пејовић, ванредни професор. Докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, модул Телекомуникације, уписала је 2014 године, где је положила све испите са просечном оценом 10. Област истраживања током студија обухватала је позиционирање у бежичним сензорским мрежама, лоцирање применом пасивних радарских система, хеуристичке, еволуционе, оптимизационе и естимационе методе.

Добила је награду за најбољег младог истраживача на међународној научној конференцији IcETTRAN 2016 у организацији друштва ЕТРАН, а под покровитељством Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и уз подршку међународног удружења IEEE, за рад на тему „*Optimal source localization problem based on TOA measurements*“.

Маја Росић је запослена као асистент на Машинском факултету Универзитета у Београду, од октобра 2015. године на Катедри за ваздухопловство, при модулу Машинство и информационе технологије. Од избора у звање асистента на Машинском факултету, ангажована је на извођењу рачунских и лабораторијских вежби на Основним и Мастер студијама из предмета Инжењерске комуникације, Основе рачунарске технике, Основи рачунарских система, Пројектовање база података, Алгоритми и структуре података, Методи оптимизације и Статистичка обрада података у машинству.

Маја Росић је аутор рада објављеног у научном часопису међународног значаја са SCI листе категорије М22. Аутор је и два рада објављена у часописима од националног значаја, као и шест радова на конференцијама од међународног значаја.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Маје Росић под насловом „Пасивни модел позиционирања у бежичним сензорским мрежама заснован на адаптивним хибридним хеуристичким алгоритмима“ написана је на српском језику ћириличним писмом и има 192 стране. Садржи 28 слика, 16 табела, 254 једначине и 159 библиографских референци. Такође, докторска дисертација садржи насловну страну на српском и енглеском језику, страну са подацима о ментору и члановима комисије, кратак резиме докторске дисертације на српском и енглеском језику, захвалнице, списак слика, списак табела, списак скраћеница, садржај, једанаест тематских поглавља, преглед коришћене литературе, биографију аутора и прилоге. Поглавља докторске дисертације су насловљена на следећи начин: 1. Увод, 2. Пасивни модели позиционирања, 3. Естимација пасивне локације објекта, 4. Линеаризовани модели лоцирања, 5. Семидефинитно програмирање, 6. Крамер-Раова граница прецизности, 7. Методе оптимизације за решавање проблема лоцирања, 8. Модификације хеуристичких алгоритама, 9. Хибридизација алгоритама, 10. Нумерички резултати, 11. Закључак. Докторска дисертација садржи следеће прилоге: Прилог 1 - Изјава о ауторству, Прилог 2 - Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације, и Прилог 3 - Изјава о коришћењу.

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Уводно поглавље разматра проблем пасивног лоцирања, као и приказ релевантне литературе и публикованих научно-стручних радова, који су посвећени развоју техника и

технологија лоцирања, естимационим и оптимизационим алгоритмима. У овом поглављу дефинисани су предмет и циљеви истраживања ове дисертације.

Друго поглавље посвећено је формулацији пасивног модела лоцирања, који је заснован на мерењу TOA (*Time of Arrival*) и TDOA (*Time Difference of Arrival*) параметара, за радио канал у присуству шума, у условима директне оптичке видљивости.

У оквиру трећег поглавља, полазећи од претпоставке да је присутан Гаусов шум, који представља адитивну величину у односу на измерени сигнал у посматраном радио каналу, формирана је функција максималне веродостојности, у циљу постизања захтеване тачности естимације непознате локације објекта.

У циљу естимације локације неког објекта применом директних нумеричких метода, у оквиру четвртог поглавља описани су линеарни алгоритми лоцирања засновани на апроксимацији нелинеарних једначина приказаних у другом поглављу.

У петом поглављу описан је метод семидефинитног програмирања, имплементиран за решавање разматраних проблема лоцирања, који се заснива на трансформацији нелинеарног и неконвексног оптимизационог проблема у конвексни проблем пасивног лоцирања.

У оквиру шестог поглавља изведена је Крамер-Раова теоријска граница прецизности лоцирања, која представља доњу границу прецизности за сваки од непознатих параметара постављеног модела позиционирања.

У седмом поглављу приказана је једна од најшире заступљених класификација оптимизационих метода. Такође, за постављени оптимизациони проблем дефинисани су глобални и локални оптимум на простору могућих решења. Посебна пажња посвећена је метахеуристичким алгоритмима заснованим на хеуристичким алгоритмима оптимизације као и класификацији ових алгоритама, с посебним освртом на имплементацију следећих алгоритама: алгорита диференцијалне еволуције, алгорита оптимизације ројем честица и алгорита свитаца. У овом поглављу описан је и Нелдер-Мид алгоритам, као најчешће коришћени оптимизациони алгоритам из групе алгоритама директне претраге, који је примењен за хибридизацију са метахеуристичким алгоритмом диференцијалне еволуције.

У осмом поглављу приказане су модификације разматраних метахеуристичких алгоритама, и то кроз: адаптивне технике за промену вредности управљачких параметара, као и предложени адаптивни оператор мутације, ради побољшања оптимизационих перформанси разматраних алгоритама.

Хибридизација предложених оптимизационих алгоритама разматрана је у деветом поглављу, у циљу адекватног коришћења предности једног и истовремене елиминације недостатака другог алгорита. У оквиру овог поглавља приказана је хибридизација: алгоритама диференцијалне еволуције и Нелдер-Мид методе, алгоритама свитаца и диференцијалне еволуције, као и алгорита оптимизације ројем честица и диференцијалне еволуције.

У оквиру десетог поглавља дати су резултати нумеричке симулације у циљу поређења оптимизационих перформанси предложених модификованих хеуристичких алгоритама са конвенционалним алгоритмима применом Вилкоксеновог и Фридмановог непараметарског статистичког теста. Такође, извршена је анализа перформанси предложених алгоритама у погледу тачности позиционирања, утицаја улазних параметара, осетљивости на промену топологије, комплексности, као и брзине извршавања.

У оквиру завршног једанаестог поглавља изложена су закључна разматрања ове докторске дисертације.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација кандидаткиње Маје Росић припада области развоја нових и модификације постојећих алгоритама за унапређење тачности позиционирања у области

пасивног лоцирања, на бази примене адаптивних хибридних хеуристичких алгоритама. Модели пасивног лоцирања, разматрани у оквиру ове дисертације предмет су интересовања истраживача, о чему сведочи изузетно велики број објављених научно-стручних радова у релевантним часописима.

Оригиналноста рада презентованог у овој докторској дисертацији огледа се у развоју два модела пасивног лоцирања, који су засновани на мерењу времена пропагације сигнала или временске разлике пропагације сигнала у условима директне оптичке видљивости. У општем случају, при радио пропагацији, сигнал је изложен различитим ефектима и сметњама, што знатно отежава одређивање тачне локације објекта. У првом делу докторске дисертације приказана је формулација естимационог модела применом пробабилистичких поступака, за постављени модел лоцирања, ради процене непознате локације објекта. Формирани естимациони модел заснован је на примени методе максималне веродостојности, под претпоставком да је присутан Гаусов шум, који представља адитивну величину у односу на измерени сигнал у посматраном радио каналу. У складу са тим, постављени естимациони модел пасивног лоцирања описан је нелинеарном и неконвексном функцијом циља. У условима присуства високог шума у радио каналу најчешће коришћени алгоритми прилагођени за решавање проблема позиционирања не остварују захтеване перформансе у погледу високе тачности лоцирања. Сходно овоме, ради решавања мултимодалних оптимизационих проблема, развијен је велики број оптимизационих метода у литератури. Имајући у виду све строжије захтеве у погледу тачности лоцирања, произилази да је за решавање неконвексних оптимизационих проблема, са више локалних оптимума, неопходно применити адаптивне хибридне хеуристичке оптимизационе методе. У складу са тим, још један од циљева дисертације је развој и модификација хеуристичких алгоритама оптимизације ради решавања постављених пасивних модела лоцирања, који остварују већу тачност и ефикасност при изналажењу непознате локације објекта. У циљу унапређења перформанси разматрани алгоритми модификовани су кроз: међусобну хибридизацију, адаптивно подешавање параметара, као и развој нових оператора мутације. На тај начин, елиминисани су недостаци једних алгоритама, а укључене су предности других, чиме је област имплементације развијених хибридних алгоритама значајно проширена на решавање комплексних мултимодалних оптимизационих проблема. У оквиру дисертације извршено је поређење оптимизационих перформанси модификованих и конвенционалних оптимизационих алгоритама применом непараметарских статистичких тестова Вилкоксеновог теста ранга и Фридмановог теста. Поред тога, докторска дисертација бави се анализом утицаја адитивног шума на перформансе разматраних оптимизационих алгоритама, у односу на средњу квадратну грешку, осетљивост на промену улазних параметара, осетљивост на промену топологије посматране бежичне сензорске мреже, нумеричку сложеност, као и време извршавања алгоритама. У том смислу, за постављене пасивне моделе лоцирања изведена је Крамер-Раова граница ради статистичке евалуације и поређења перформанси разматраних оптимизационих алгоритама.

Савременост предложених модификованих хеуристичких алгоритама огледа се у њиховој широкој примени за успешно решавање постављених мултимодалних оптимизационих проблема пасивног лоцирања. Све предложене алгоритме карактерише једноставност имплементације, висока прецизност, као и одговарајућа комплексност и време извршавања алгоритама, што их чини атрактивним за примену у решавању проблема пасивног лоцирања.

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

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде докторске дисертације кандидаткиња је детаљно истражила постојећу релевантну литературу, која покрива посматрану научну област. Велики број радова новијег

је датума што указује на актуелност одабране проблематике. На основу обима коришћене литературе може се закључити да је кандидаткиња имала темељан увид у досадашње доприносе у овој и блиским научним областима. Наведено је укупно 159 библиографских референци. Коришћена литература укључује и радове из часописа међународног значаја, радове на међународним и националним конференцијама, на којима је кандидаткиња први аутор, а који су директно проистекли из рада на докторској дисертацији.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија истраживања у оквиру докторске дисертације састојала се од следећих активности:

- Преглед и анализа постојеће научне литературе у циљу поређења предности и недостатака постојећих метода за одређивање непознате локације објекта.
- Анализа перформанси постојећих алгоритама за одређивање непознате локације објекта у циљу дефинисања предности и недостатака постојећих техника позиционирања.
- Развој пасивног модела позиционирања заснованог на мерењу времена пропагације сигнала или временске разлике пропагације сигнала у случају присуства Гаусовог шума.
- Преглед научне литературе и анализа спроведених истраживања применом хеуристичких алгоритама у циљу решавања проблема позиционирања у бежичним сензорским мрежама.
- Развој адаптивних хибридни хеуристичких алгоритама оптимизације ради одређивања непознате локације објекта за постављене пасивне моделе лоцирања.
- Формулација Крамер-Раове границе прецизности за постављене пасивне моделе лоцирања ради статистичке евалуације и поређења перформанси имплементираних оптимизационих алгоритама.
- Статистичка анализа поређења перформанси модификованих и конвенционалних оптимизационих алгоритама на основу непараметарских тестова Вилкоксоновог теста ранга и Фридмановог теста.
- Имплементација и верификација модификованих адаптивних хибридни хеуристичких алгоритама оптимизације кроз нумеричке симулације у програмском окружењу MATLAB.
- Анализа перформанси развијених оптимизационих алгоритама кроз остварену тачност лоцирања, осетљивост на промену улазних параметара, осетљивост на промену топологије посматране бежичне сензорске мреже, брзину извршавања, као и комплексност предложених алгоритама.

Примењена методологија у потпуности одговара стандардима научно-истраживачког рада и довела је до остваривања циљева докторске дисертације.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

Докторска дисертација иницирана је строгим захтевима у погледу перформанси лоцирања, које оптимизациони и естимациони алгоритми, као и технологије лоцирања морају да остваре при одређивању непознате локације пасивног објекта. Развијени пасивни модели лоцирања у оквиру дисертације засновани су на мерењу времена пропагације сигнала или временске разлике пропагације сигнала, у условима директне оптичке видљивости услед присуства Гаусовог шума. Посебно је указано на неопходност увођења функције циља, као додатног критеријума оптималности у циљу одређивања позиције пасивног објекта. Према томе, ради процене непознате локације објекта, формирана је функција максималне

веродостојности за познату функцију густине вероватноће грешке мерења. Велика предност развијених модела лоцирања заснованих на примени естимационог модела максималне веродостојности огледа се у имплементацији модификованих адаптивних хибридних алгоритама за решавање постављеног естимационог проблема, услед чега је могуће остварити већу тачност у одређивању непознате локације објекта. У циљу унапређења тачности одређивања непознате локације објекта, у условима присуства високог шума алгоритми разматрани у оквиру дисертације модификовани су кроз: адаптивно подешавање параметара, развој нових оператора мутације, као и хибридизацију одговарајућих алгоритама ради решавања комплексног проблема лоцирања. У односу на постојеће методе за одређивање позиције пасивног објекта, који се могу наћи у стручној литератури, предложени модификовани алгоритми остварују повишену тачност, посебно у условима присуства високог шума. У циљу статистичке евалуације и верификације перформанси имплементираних оптимизационих алгоритама, за постављене пасивне моделе лоцирања изведена је Крамер-Раова граница. Такође, извршена је анализа перформанси разматраних оптимизационих алгоритама с обзиром на промене у просторном распореду између предајника и пријемника у мрежи. На основу спроведених нумеричких симулација, као и анализе комплексности и времена извршавања предложених хеуристичких алгоритама закључује се да предложени алгоритми остварују најбољи компромис између тачности лоцирања и времена извршавања у поређењу са постојећим методама лоцирања, што их чини атрактивним за практичну реализацију.

Развијени модели пасивног лоцирања, као и примењени модификовани адаптивни хибридни хеуристички алгоритми оптимизације задовољавају захтеве по питању тачности и брзине извршавања, услед чега се могу успешно применити за широки спектар сервиса који се базирају на познавању позиције објекта. Према томе, очекује се да резултати добијени у оквиру докторске дисертације могу наћи примену у војним и цивилним апликацијама, у области радарског лоцирања, с обзиром на тачност и брзину конвергенције модификованих оптимизационих алгоритама при естимацији непознате локације објекта. Поред претходно наведених примена, предложени пасивни модели локализације могу се искористити за пружање сервиса лоцирања као што су навигација, посебно у ситуацијама када није доступан GPS (*Global Positioning System*) сигнал, као и спасавања људи у ванредним ситуацијама. Додатно, развијени пасивни модели лоцирања могу бити платформа за развој низа нових сервиса који користе информацију о позицији корисника.

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

На основу прегледане докторске дисертације Комисија процењује да је кандидаткиња Маја Росић показала способност за самосталан научно-истраживачки рад почевши од систематичног прегледа доступне научне литературе, преко уочавања практичних проблема и потреба за унапређењем ефикасности и побољшањем тачности одређивања непознате позиције пасивног објекта, развојем модификованих адаптивних хибридних хеуристичких алгоритама за решавање постављених мултимодалних оптимизационих проблема, као и анализе добијених резултата. Начин на који је писана докторска дисертација и доприноси који су у њој представљени указују на зрелост кандидаткиње за самосталан научно-истраживачки рад. Резултате истраживања у оквиру докторске дисертације кандидаткиња је публиковала, као први аутор у часописима од међународног значаја и на међународним и националним конференцијама.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

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

- Дат је преглед научне литературе и анализа перформанси постојећих алгоритама за одређивање непознате позиције објекта у бежичним сензорским мрежама.
- Приказана је формулација пасивних модела лоцирања ради одређивања непознате локације објекта, који су засновани на мерењу времена пропагације сигнала или временске разлике пропагације сигнала, у случају присуства Гаусовог шума у условима директне оптичке видљивости.
- Развијени су адаптивни хибридни хеуристички алгоритми оптимизације ради одређивања непознате локације објекта за постављене пасивне моделе лоцирања.
- Предложени алгоритми имплементирани су и верификовани кроз нумеричке симулације у програмском окружењу MATLAB.
- Изведени су аналитички изрази за одређивање Крамер-Раове границе прецизности за постављене пасивне моделе лоцирања ради статистичке евалуације и поређења перформанси алгоритама.
- Спроведена је компаративна анализа утицаја адитивног шума на перформансе разматраних оптимизационих алгоритама, у односу на средњу квадратну грешку, нумеричку сложеност и време извршавања алгоритама.
- Извршено је поређење перформанси предложених модификованих и конвенционалних оптимизационих алгоритама применом непараметарских статистичких тестова Вилкоксоновог теста ранга и Фридмановог теста.
- Перформансе развијених алгоритама верификоване су кроз остварену тачност лоцирања, осетљивост на промену улазних параметара, осетљивост на промену топологије посматране бежичне сензорске мреже, брзину извршавања, као и комплексност предложених алгоритама.

#### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем постављених циљева истраживања, полазних претпоставки и остварених резултата Комисија констатује да је кандидаткиња Маја Росић успешно одговорила на сва релевантна питања из проблематике којим се бави докторска дисертација.

Систематичан преглед доступне научне литературе, дефинисање проблема, формирање пасивних модела лоцирања ради одређивања непознате локације објекта, развој и примена модификованих адаптивних хибридних хеуристичких алгоритама, за решавање постављених пасивних модела позиционирања у циљу веће тачности лоцирања, имплементација развијених алгоритама у рачунарском окружењу и спровођење поступка симулација, верификација перформанси и анализа добијених резултата, представљају значајан научни допринос у области телекомуникација и информационих технологија.

Комисија констатује да су научни доприноси остварени у докторској дисертацији објављени у научном часопису од међународног значаја категорије M22, као и зборницима међународног и националног значаја.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси презентовани у докторској дисертацији су верификовани у следећим објављеним радовима:

Категорија M22:



1. **Rosić, M.**, Simić, M., Pejović, P.: Passive target localization problem based on improved hybrid adaptive differential evolution and Nelder-Mead algorithm, - *Journal of Sensors*, 2020 (IF=2.024) (DOI: 10.1155/2020/3482463)

#### Категорија М51:

1. **Rosić, M.**, Simić, M., Pejović, P., Bjelica, M.: "Optimal Source Localization Problem Based on TOA Measurements," - *Serbian Journal of Electrical Engineering*, Vol. 14, No. 1, February 2017, pp. 161-176.

#### Категорија М52:

1. **Rosić, M.**, Simić, M., Pejović, P.: "Hybrid Genetic Optimization Method for Accurate Target Localization," - *Scientific Technical Review*, Vol. 68, No. 3, 2018, pp. 50-55.

#### Категорија М33:

1. **Rosić, M.**, Simić, M., Pejović, P.: "Hybrid Genetic Optimization Method for Accurate Target Localization," - *Proceedings of the 8th International Scientific Conference on Defensive Technologies, OTEH 2018*, Belgrade, October 2018, pp. 367-372.
2. **Rosić, M.**, Simić, M., Pejović, P.: "Hybrid genetic optimization algorithm for target localization using TDOA measurements," - *Proceedings of the 4th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, IcETRAN 2017*, Kladovo, June 2017.
3. **Rosić, M.**, Simić, M., Lukić, P.: "TDOA approach for target localization based on improved genetic algorithm," - *Proceedings of the 24th Telecommunications Forum (TELFOR)*, Belgrade, 2016, pp. 1-4.
4. **Rosić, M.**, Simić, M., Pejović, P.: "Performance Evaluation of Nonlinear Optimization Methods for TOA Localization Techniques," - *Proceedings of the 7th International Scientific Conference on Defensive Technologies, OTEH 2016*, Belgrade, October 2016, pp. 466-471.
5. **Rosić, M.**, Simić, M., Pejović, P., Bjelica, M.: "Optimal source localization problem based on TOA measurements," - *Proceedings of the 3rd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, IcETRAN 2016*, Zlatibor, June 2016.
6. **Rosić, M.**, Simić, M., Pejović, P.: "Optimal source localization in a real radio channel," - *Proceedings of the 23rd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR)*, Nov. 2015, pp. 212-215.

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертације кандидаткиње Маје Росић под насловом „Пасивни модел позиционирања у бежичним сензорским мрежама заснован на адаптивним хибридном хеуристичким алгоритмима“ у целини је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме и садржи све битне елементе који се захтевају Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У дисертацији су развијени модели пасивног лоцирања, који су засновани на мерењу времена пропагације сигнала или временске разлике пропагације сигнала у условима директне оптичке видљивости. Приказана је формулација естимационог модела применом методе максималне веродостојности, под претпоставком да је присутан Гаусов шум, који представља адитивну величину у односу на измерени сигнал у посматраном радио каналу. Постављени естимациони модел пасивног лоцирања описан је нелинеарном и неконвексном функцијом циља. Развијени су модификовани адаптивни хеуристички оптимизациони алгоритми за решавање постављених пасивних модела лоцирања, који остварују повишену тачност и ефикасност при изналажењу непознате локације објекта за постављени мултимодални оптимизациони проблем пасивног лоцирања. Ради унапређења перформанси, разматрани алгоритми модификовани су кроз: међусобну хибридизацију, адаптивно

подешавање параметара, као и развој нових оператора мутације. Сprovedена је компаративна анализа утицаја адитивног шума на перформансе разматраних оптимизационих алгоритама, у односу на средњу квадратну грешку, осетљивост на промену улазних параметара, осетљивост на промену топологије посматране бежичне сензорске мреже, нумеричку сложеност, као и време извршавања алгоритама. У том смислу, за постављене пасивне моделе лоцирања изведена је Крамер-Раова граница ради статистичке евалуације и поређења перформанси. Такође, извршено је поређење перформанси модификованих и конвенционалних оптимизационих алгоритама на основу непараметарских статистичких тестова Вилкоксоновог теста ранга и Фридмановог теста. Остварени резултати дисертације имају значајну примену у решавању проблема пасивног лоцирања.


Резултате проистекле из вишегодишњег истраживања спроведеног у оквиру докторске дисертације кандидаткиња је објавила у водећем међународном часопису и презентовала стручној јавности на конференцијама међународног и националног значаја. На основу увида у докторску дисертацију и објављене радове кандидаткиње, Комисија констатује да докторска дисертација представља оригиналан и савремен научни допринос у домену Телекомуникација и информационих технологија.

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

Имајући у виду наведено, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Пасивни модел позиционирања у бежичним сензорским мрежама заснован на адаптивним хибридном хеуристичким алгоритмима“ кандидаткиње **Маје Росић прихвати**, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 30.11.2020. године

#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



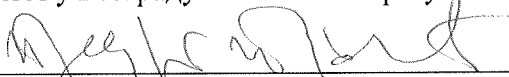
др Мирјана Симић-Пејовић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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



др Горан Лазовић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Машински факултет



др Предраг Пејовић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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