



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ  
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ  
БАЊАЛУКА

Број: 1310

Датум: 07.11.2017.

## ИЗВЈЕШТАЈ

*о оцјени подобности теме, кандидата и ментора за израду докторске дисертације*

### I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

Орган који је именовано комисију: Наставно-научно вијеће Електротехничког факултета у Бањој Луци

Датум именовања комисије: 14.09.2017.год.

Број одлуке: 20/3.921-955/17

Састав комисије:

1.	Гордана Гардашевић	ванредни професор	Електротехника, електроника и информационо инжењерство, Телекомуникације
	Презиме и име	Звање	Научно поље и ужа научна област
	Електротехнички факултет Универзитета у Бањој Луци		предсједник
	Установа у којој је запослен-а		Функција у комисији
2.	Мирјана Симић-Пејовић	ванредни професор	Електротехника и рачунарство, Телекомуникације
	Презиме и име	Звање	Научно поље и ужа научна област
	Електротехнички факултет Универзитета у Београду		ментор
	Установа у којој је запослен-а		Функција у комисији
3.	Славко Шајић	доцент	Електротехника, електроника и информационо инжењерство, Телекомуникације
	Презиме и име	Звање	Научно поље и ужа научна област
	Електротехнички факултет Универзитета у Бањој Луци		члан
	Установа у којој је запослен-а		Функција у комисији

## II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1. Име, име једног родитеља, презиме: Стево (Симо) Лукић
2. Датум рођења: 24.08.1973. Мјесто и држава рођења: Градачац, Босна и Херцеговина

### II.1 Основне студије

Година уписа:  Година завршетка:  Просјечна оцјена током студија:

Универзитет: Универзитет у Бањој Луци

Факултет/и: Електротехнички факултет

Студијски програм: Рачунарство и аутоматика

Звање: дипломирани инжењер електротехнике

### II.2 Мастер или магистарске студије

Година уписа:  Година завршетка:  Просјечна оцјена током студија:

Универзитет: Универзитет у Бањој Луци

Факултет/и: Електротехнички факултет

Студијски програм: Електроника и телекомуникације

Звање: магистар електротехнике

Научна област: Телекомуникације

Наслов завршног рада: Позиционирање корисника у UMTS радио мрежама

### II.3 Докторске студије

Година уписа:

Факултет/и: \_\_\_\_\_

Студијски програм: \_\_\_\_\_

Број ЕЦТС до сада остварених:  Просјечна оцјена током студија:

## II.4 Приказ научних и стручних радова кандидата

Р. бр.	Аутори, наслов, издавач, број страница	Категорија <sup>1</sup>
1.	<b>Стево Лукић</b> , "Дијагностичке ОАМ функције у MPLS мрежама", <i>Зборник радова 14. конференције TELFOR</i> , стр. 170-173, Београд, Србија, 2006.	зборник радова са научног скупа међународног значаја
<p><i>Кратак опис садржине:</i>  ОАМ (<i>Operation, Administration and Maintenance</i>) се генерално дефинише као комбинација свих техничких средстава и административних акција, укључујући и акције надгледања, са намјером да се неки ентитет задржи или поврати у стање у коме може да оствари пројектовану функцију, чиме се обезбјеђује управљање перформансама мреже, анализа и изоловање елемената у квару. Способност перманентне провјере конекције, брзе детекције и лоцирања отказа и загушења на LSP (<i>Label Switched Path</i>) путањи, обавјештавање о отказима тачака репарације и брзи аутоматски опоравак, јесу неки од MPLS (<i>MultiProtocol Label Switching</i>) ОАМ дијагностичких механизма приказаних у овом раду.</p>		
<i>Рад припада проблематици докторске дисертације:</i> ДА <b>НЕ</b> ДЈЕЛИМИЧНО		

Р. бр.	Аутори, наслов, издавач, број страница	Категорија
2.	<b>Стево Лукић</b> , Милан М. Шуњеварић, "Оптимизација облика импулса псеудослучајног кода за ефикаснију естимацију кашњења у позиционим системима на бази CDMA", <i>Зборник радова 53. конференције за ЕТРАН</i> , стр. ТЕ3.6-1-4, Врњачка Бања, Србија, 2009.	зборник радова са научног скупа међународног значаја
<p><i>Кратак опис садржине:</i>  Одређивање локације (нпр. сателитско позиционирање), најчешће се заснива на прецизним мјерењима сигнала са проширеним спектром на преносном путу до пријемника. Већа тачност у естимацији кашњења значи прецизније одређену позицију корисника. Овај рад за циљ има да покаже како облик чипа псеудослучајног кода употријебљеног при мјерењу псеудорастојања може минимизовати варијансу процијењеног кашњења сигнала у пријемнику. Дефинисана метода оптимизације користи Крамер-Раову доњу границу варијансе естиматора и синтезу облика импулса на бази издужених сферних таласних функција. Показано је да облик импулса генерисан на овај начин доводи до много бољих синхронизационих перформанси у поређењу са конвенционалним сигналимa за позиционирање.</p>		
<i>Рад припада проблематици докторске дисертације:</i> <b>ДА</b> НЕ      ДЈЕЛИМИЧНО		

<sup>1</sup> Категорија се односи на оне часописе и научне скупове који су категорисани у складу са Правилником о публикавању научних публикација („Службени гласник РС“, бр. 77/10) и Правилником о мјерилима за остваривање и финансирање Програма одржавања научних скупова („Службени гласник РС“, бр. 102/14).

Р. бр.	Аутори, наслов, издавач, број страница	Категорија
3.	Стево Лукић, Мирјана Симић, "Елиминација NLOS грешака позиционирања у хелијским радио мрежама примјеном ML естиматора са уграђеним Levenberg-Marquardt алгоритмом оптимизације", <i>Зборник радова 61. конференције за ЕТРАН</i> , стр. ТЕ1.2. 1-6, Кладово, Србија, 2017.	зборник радова са научног скупа међународног значаја
<p><i>Кратак опис садржине:</i>  Највећи изазов при имплементацији ефикасног поступка за лоцирање мобилне станице представља негативан утицај NLOS (<i>Non-Line of Sight</i>) пропагацијских услова. У овом раду је предложено једно од могућих рјешења за потискивање NLOS грешака позиционирања у хелијским радио мрежама, засновано на TOA (<i>Time of Arrival</i>) орјентисаном ML (<i>Maximum Likelihood</i>) естиматору са уграђеним Levenberg-Marquardt алгоритмом оптимизације. Показано је да на овакав начин пројектовани естиматор представља уједно и естиматор минималне варијансе у комбинованом LOS/NLOS пропагационом окружењу.</p>		
<i>Рад припада проблематици докторске дисертације:</i> <input checked="" type="checkbox"/> ДА <input type="checkbox"/> НЕ <input type="checkbox"/> ДЈЕЛИМИЧНО		

Да ли кандидат испуњава услове?

ДА

НЕ

### III ПОДАЦИ О МЕНТОРУ/КОМЕНТОРУ

<p>Мирјана Симић-Пејовић рођена је 29.06.1973. године у Шапцу где је завршила основну школу и Шабачку Гимназију. Електротехнички факултет у Београду уписала је 1992. године. Дипломирала је 1998. године на Катедри за Телекомуникације, дипломским радом "Систем за аутоматско мерење нивоа електричног поља са ГПС локализацијом", ментор проф. др Ђорђе Пауновић. Последипломске студије на Електротехничком факултету у Београду, смер Телекомуникације, уписала је 1999. године а магистрирала 2006. године радом "Одређивање локације корисника у хелијским радио мрежама", ментор доц. др Александар Нешковић. Докторску дисертацију одбранила је 12. јануара 2010. године на Електротехничком факултету у Београду. Тема докторске дисертације била је "Одређивање локације корисника у радио мрежама поступком сегментације простора", ментор проф. др Мирослав Дукић.</p> <p>Од октобра 1999. године радила је као асистент приправник, а од децембра 2006. године као асистент при Катедри за Телекомуникације Електротехничког факултета у Београду где поред ангажовања у настави активно учествује у изради стручних пројеката у области телекомуникационих система и сервиса. У звању доцента радила је од јула 2010. године до новембра 2016. године када је изабрана у звање ванредног професора.</p> <p>Учествује у настави на више предмета на Електротехничком факултету, на основним, мастер и докторским студијама, где је самостално формирала и увела неколико нових курсева.</p> <p>Учествовала је у изради већег броја стручних пројеката, једног пројекта Министарства надлежног за науку Републике Србије и једног пројекта Министарства надлежног за науку Републике Српске, Босна и Херцеговина. Члан је међународног удружења IEEE, Друштва за Телекомуникације и Инжењерске Коморе Србије. Рецензирала је часописе и конференције (<i>IEEE Communications Letters, Scientific World Journal, Telfor Journal, Босанскохерцеговачка електротехника, Телфор, Етран, ...</i>).</p>
---

Радови из области којој припада приједлог докторске дисертације:

Р. бр.	Аутори, наслов, издавач, број страница
1.	<b>Mirjana Simić</b> , Predrag Pejović, "An Algorithm for Determining Mobile Station Location Based on Space Segmentation", <i>IEEE Communications Letters</i> , vol. 12, no. 7, pp. 499–501, July 2008, ISSN: 1089-7798. IF: 1.232, M22.
2.	<b>Mirjana Simić</b> , Predrag Pejović, "A Probabilistic Approach to Determine Mobile Station Location with Application in Cellular Networks", <i>Annals of Telecommunications</i> , vol. 64, no. 9/10, pp. 639-649, September/October 2009, ISSN: 0003-4347.
3.	<b>Mirjana Simić</b> , Predrag Pejović, "A Comparison of Three Methods to Determine Mobile Station Location in Cellular Communication Systems", <i>European Transactions on Telecommunications</i> , vol. 20, no. 8, pp. 711-721, December 2009, ISSN: 1124-318X.
4.	Predrag V. Pejović, <b>Mirjana I. Simić</b> , "Improving precision of mobile positioning in highway environments," <i>Annals of telecommunications - Annales des télécommunications</i> , vol. 70, no. 11, pp. 491-500, 2015, ISSN: 0003-4347.
5.	Miloš Borenović, <b>Mirjana Simić</b> , Aleksandar Nešković, Miloš Petrović, "Enhanced Cell-ID + TA GSM Positioning Technique", <i>EUROCON 2005</i> , vol. 2, pp. 1176-1179, Belgrade, Nov. 2005.
6.	Maja B. Rosić, <b>Mirjana I. Simić</b> , Predrag V. Pejović, "Optimal source localization in a real radio channel," <i>IEEE 23rd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR)</i> , pp. 212-215, Nov. 2015.
7.	Maja Rosić, <b>Mirjana Simić</b> , Predrag Pejović, Milan Bjelica, "Optimal source localization problem based on TOA measurements", <i>3rd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, IcETRAN 2016</i> , Zlatibor, June 2016.
8.	Maja Rosić, <b>Mirjana Simić</b> , Petar Lukić, "TDOA approach for target localization based on improved genetic algorithm," <i>IEEE 24rd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR)</i> , pp. 1-4, Nov. 2016.
9.	Maja Rosić, <b>Mirjana Simić</b> , Predrag Pejović, "Hybrid genetic optimization algorithm for target localization using TDOA measurements", <i>4th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, IcETRAN 2017</i> , Kladovo, June 2017.
10.	<b>Mirjana Simić</b> , "Lociranje korisnika u ćelijskim radio mrežama", <i>Telekomunikacije</i> , stručno-naučni časopis Republičke agencije za telekomunikacije, vol. 5, pp. 53-63, Jul 2010. ISSN 1820-7782.
11.	Darko Grujović, <b>Mirjana Simić</b> , "Adaptive Algorithm for Mobile User Positioning Based on Environment Estimation", <i>SERBIAN JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING</i> , Vol. 11, No. 3, pp. 465-476, October 2014. ISSN (Printed Version): 1451-4869, ISSN (Online Version): 2217-7183.
12.	<b>Mirjana Simić</b> , Predrag Pejović, "Deterministic Approach for Mobile User Positioning in Radio Systems," <i>Technics, special edition</i> , pp. 79-86, 2014. ISSN 0040-2176.
13.	<b>Mirjana Simić</b> , Predrag Pejović, "Deterministički pristup određivanju lokacije mobilnog korisnika u radio sistemima," <i>Tehnika</i> , vol. 63, no. 5, pp. 810-817, 2014. ISSN 0040-2176
14.	<b>Mirjana Simić</b> , Aleksandar Nešković, Đorđe Paunović, Radovan Jovanović, Miloš Borenović, "Pozicioniranje u ćelijskom sistemu", <i>TELFOR 2004</i> , Beograd.
15.	<b>Mirjana Simić</b> , "Određivanje lokacije korisnika u radio mrežama postupkom segmentacije prostora," <i>19th Telecommunications Forum TELFOR</i> , Nov. 2011. ( <i>rad po pozivu</i> )
16.	<b>Mirjana I. Simić</b> , Predrag V. Pejović, Darko S. Šuka, Milan D. Bjelica, Milica Mihailović, "Eksperimentalna analiza blizinskih i lateracionih metoda pozicioniranja korisnika u urbanom okruženju," <i>INFOTEH-JAHORINA</i> , Vol. 14, pp. 377-382, Mart 2015.
17.	Jelena Sretenović, Stefan Kostić, <b>Mirjana Simić</b> , "Eksperimentalna analiza pozicioniranja primenom centroid metode sa težinskim koeficijentima," <i>59. konferencija ETRAN</i> , Srebrno Jezero, Jun 2015.

18.	Stevo Lukić, <b>Mirjana Simić</b> , "Eliminacija NLOS grešaka pozicioniranja u ćelijskim radio mrežama primjenom ML estimatora sa ugrađenim <i>Levenberg-Marquardt</i> algoritmom optimizacije", <i>61. konferencija ETRAN</i> , Kladovo, Jun 2017.
-----	---

Да ли ментор испуњава услове?

ДА

НЕ

## IV ОЦЈЕНА ПОДОБНОСТИ ТЕМЕ

### IV.1 Формулација назива тезе (наслова)

Ћелијско позиционирање у NLOS условима примјеном метахеуристичких метода оптимизације

Наслов тезе је подобан?

ДА

НЕ

### IV.2 Предмет истраживања

Највећи изазов у реализацији локацијских услуга представља позиционирање у условима блокаде директне путање између мобилне станице (МС) и базне станице (БС), односно позиционирање у тзв. NLOS (*Non-Line-of-Sight*) условима који се углавном стичу у урбаном пропагационом окружењу. Приликом прорачуна квалитета и буџета линка, грешке проузроковане овим феноменом највише партиципирају, па се исти намеће као главни фактор деградације перформанси неког система за позиционирање. Имајући у виду наведено, указала се потреба и мотивација за истраживањем и развијањем напредних техника чији је фокус усмјерен на редукацију односно елиминацију NLOS грешака (*NLOS mitigation techniques*). Генерално посматрајући, независно од типа бежичне ћелијске мреже, могу се препознати два најзначајнија типа алгоритама потискивања NLOS грешака одређена на основу одређивања тзв. циљне (*score*) или функције коштања (*cost*). Алгоритми базирани на принципу максималне вјеродостојности ML (*Maximum Likelihood*) информација формирају одговарајуће циљне функције чијом се оптимизацијом добијају ML процјене. ML технике се у реалним ситуацијама проводе у неколико карактеристичних сценарија зависно од доступних информација о NLOS конекцијама које се састоје од података о идентификацији NLOS БС и података о статистици NLOS грешака. Уколико не постоје мјеродавни подаци о NLOS трансмисији, тада је разумно вршити интегрисану ML процјену локације МС и NLOS деструкције (*NLOS biases*), која интуитивно даје боље резултате него када се естимациони процес одвија засебно. Други тип метода за отклањање NLOS грешака представљају методе оптимизације са ограничењима (*constrained optimization method*). Поменуте методе посебно су погодне за естимацију жељених параметара када не постоје или су ограниченог карактера информације о статистици мјерења. Оптимизација је одређена преко минимизације циљне функције, обично дефинисане као тежинска сума квадрата разлике између измјерених и тачних растојања МС до БС, која представља резидуале циљне функције. Ограничења која се примјењују у процедури оптимизације могу значајно релаксирати проблем и побољшати квалитет комплетне методе. Једно од ограничења односи се на чињеницу да су процијењене NLOS грешке мјерења растојања увијек позитивне. Додатне рестрикције могу бити везане за величину локационог подручја у којем се може налазити МС.

### IV.3 Најновија истраживања познавања предмета дисертације на основу изабране литературе са списком литературе

Локацијски оптимизациони проблем (одређивања геометријског положаја МС) темељен циљном функцијом генерисаном било преко ML или *constrained optimization* метода, по природи је изразито нелинеаран и неконвексан и спада у групу тзв. NP (*Nondeterministic Polynomial*) проблема. Главни недостатак истог је да не постоји рјешење у затвореној форми, због чега је неопходна примјена одређених нумеричких солвера [1]. Постоји више техника за апроксимативно рјешавање таквог локацијског проблема, а потребно је издвојити градијентне методе (*Gauss-Newton*, *Levenberg-Marquardt* и др.) [2-8], методе директног претраживања као што је секвенцијални симплекс метод SSM (*Sequential Simplex Method*) описан у [9], конвексне методе оптимизације базиране на линеарном и секвенцијалном квадратном програмирању LQP/SQP (*Linear/Sequential Quadratic Programming*) [1,2,3,10,11], као и савремене методе оптимизације засноване на метахеуристикама [12-19]. Циљна или критеријумска функција ML естиматора је неконвексна, па може имати неколико локалних минимума и седластих тачака. Очигледно, да би класични градијентни итеративни алгоритми употребијени за рјешавање оригиналног нелинеарног и неконвексног оптимизационог локацијског проблема конвергирали ка глобалном минимуму, од пресудног је значаја добро почетно рјешење добијено примјеном квалитетног претпроцесирања [7]. У супротном, ако је иницијални естимат превише удаљен од глобалног минимума (*too far problem*), алгоритам ће са великом вјероватноћом конвергирати ка локалном минимуму, што може проузроковати велике грешке позиционирања. При томе, градијентне методе подразумијевају да функција циља мора бити бар два пута диференцијабилна и непрекидна [8]. Са друге стране, методе директног претраживања не захтијевају да функција циља буде диференцијабилна и непрекидна, и не зависе од почетног избора промјењивих, али су ове методе ефикасне само при налажењу рјешења у пољу локалних минимума [9]. Реализација конвексних метода оптимизације изискује знатне хардверско-софтверске ресурсе и повећање рачунарског оптерећења. Ниво комплексности расте са повећањем броја разматраних ограничења у оптимизационој проблему, што утиче на рјешавање проблема у реалном времену које је пресудан фактор у проблемима позиционирања [10,11]. Метахеуристичке методе представљају моћан алат за конструисање алгоритама помоћу којих се рјешавају оптимизациони проблеми. Могу се дефинисати као уопштени (независан од проблема) скуп правила која се приликом имплементације прилагођавају сваком конкретном проблему. У пракси се показало да различите метахеуристичке методе, за релативно кратко вријеме, успијевају да пронађу допустива субоптимална рјешења за сложеније проблеме као што је проблем позиционирања, или проблеме већих димензија, што је утицало на њихову широку примјену последњих деценија. Међутим, у поређењу са егзактним методама, метахеуристичке не могу гарантовати оптималност добијеног рјешења, нити колико је добијено рјешење удаљено од жељеног оптимума (уколико добијена рјешења сама нису оптимална) [12,20]. И поред ових недостатака, метахеуристичке методе су остале општеприхваћене због своје једноставности и генерисања задовољавајућих рјешења. Ове методе се и даље развијају и све боље рјешавају компликоване оптимизационе проблеме. У зависности од начина заснивања разликују се метахеуристичке методе инспирисане природним процесима (нпр. еволуцијом врста, процесом калења, понашањем колоније инсеката, ројем честица, имунолошким системом и сл.) и метахеуристичке методе

zasnovane na matematičkim principima kao što su tabu pretraživanje TS (*tabu search*) i metoda promjenjivih okolina VNS (*Variable Neighbourhood Search*) [20]. U odnosu na broj rješenja sa kojima se raspolaze u jednoj iteraciji, definišu se metode sa jednim rješenjem (*single based*) i metode zasnovane na populaciji (*population based*). Primjeri metoda sa jednim rješenjem su metoda simuliranog kađenja SA (*Simulated Annealing*), kao i veđ navedene TS i VNS. Metode zasnovane na populaciji se fokusiraju na poboljšađe više potencijalnih rješenja uglavnom koristeđi prednosti prisustva populacije agenata radi usmjeravađa toka pretraživanja. Najpoznatije metode ovog tipa koje su primijeđene u problemima lociranja mobilne stanice odnosno senzorskog čvora su optimizacija rojem čestica PSO (*Particle Swarm Optimization*) [12,14,16], genetski algoritmi GA (*Genetic Algorithms*) [17,18,19] kao i optimizacija rojem pčela BCO (*Bee Colony Optimization*) [15], pri čemu je u radu [13] predstavljena primjena novijih metaxeuristika poput algoritma kučavičje pretrage CS (*Cuckoo Search*), algoritma svića FA (*Firefly Algorithm*) i algoritma slijepeg miša BA (*Bat Algorithm*). Upotreba poменутих metoda u problemima lokalizacije u NLOS uslovima je u znatnoj mjeri istražena u bežičnim senzorskim mrežama [12,13,14,15]. Kako se isti matematički principi koriste i u bežičnim ĥelijskim mrežama (samo na veđoj prostornoj matrici), očigledno je da se spektar primjene metaxeurističkih metoda optimizacije može na elegantan način proširiti i na ĥelijsko pozicioniranje u NLOS uslovima [16,17,18,19]. Ideja korišćenja hibridnih metoda za rješavanje lokacijskog problema izložena je u [21] (metaxeuristike sa drugim metaxeuristikama), odnosno u [22] (metaxeuristike sa drugim metodama optimizacije).

#### Списак литературе:

- [1] S. A. Zekavat and M. R. Buehrer, *Handbook of Position Location: Theory, Practice and Advances*. John Wiley and Sons, Inc., New Jersey, 2012.
- [2] Kegen Yu, Ian Sharp and Y. Jay Guo, *Ground-based Wireless Positioning*. John Wiley and Sons, Chichester, England, 2009.
- [3] J. Figueiras, S. Frattasi, *Mobile Positioning and Tracking (From Conventional to Cooperative Techniques)*. John Wiley and Sons Ltd, Chichester, United Kingdom, 2010.
- [4] L. Cong, W. Zhuang, "Non-Line-of-Sight Error Mitigation in TDOA Mobile Location," in *Proceedings of IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM)*, pp. 680-684, November 2001.
- [5] Y. T. Chan, C. H. Yau and P. C. Ching, "Exact and approximate maximum likelihood localization algorithms," *IEEE Transaction on Vehicular Technologies*, Vol. 55, No. 1, January 2006.
- [6] R. W. Ouyang, A. K. Wong, "An Enhanced TOA-based Wireless Location Estimation Algorithm for Dense NLOS Enviroments," in *Proceedings of the IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, 2009.
- [7] Stevo Lukić, Mirjana Simić, "Eliminacija NLOS grešaka pozicioniranja u ćelijskim radio mrežama primjenom ML estimatora sa ugrađenim Levenberg-Marquardt algoritmom optimizacije," u *Zborniku radova 61. konferencije ETRAN-a*, Kladovo, juni 2017.
- [8] A. T. Mai, F. Bastin and E. Frejinger, *On Optimization Algorithms for Maximum Likelihood Estimation*. Department of Computer Science and Operational Research, University of Montreal, Canada, December 2014.
- [9] Y. Qi, *Wireless geolocation in a non-line-of-sight environment*. Ph.D. Disertation,

Princeton University, December 2004.

- [10] Kegen Yu and Y. Jay Guo, "Improved positioning algorithms for Nonline-of-Sight Enviroments," *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, Vol. 57, No. 4, pp. 2342-2353, July 2008.
- [11] W. Kim, J. G. Lee and G. I. Jee, "The interior-point method for an optimal treatment of bias in trilateration location," *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, Vol. 55, No. 4, pp. 1291-1301, 2006.
- [12] P. Ekberg, *Swarm-Intelligent Localization*. Department of Information Technology, Uppsala Universitet, August 2009.
- [13] S. Sivakumar and R. Venkatesan, "Meta-heuristic approaches for minimizing error in localization of wireless sensor networks," *Journal of Applied Soft Computing*, 2015.
- [14] R. Kaur and S. Arora, "Nature Inspired Range Based Wireless Sensor Node Localization Algorithms," *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 2017.
- [15] Z. Zhang, J. Lin, Y. Shi, "Application of Artificial Bee Colony Algorithm to Maximum Likelihood DOA Estimation," *Journal of Bionic Engineering*, Vol. 10, pp. 100-109, 2013.
- [16] C. S. Chen, "A non-line-of-sight error mitigation method for location estimation," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Vol. 13(I), 2017.
- [17] C. S. Chen, J. M. Lin, C. T. Lee and C. D. Lu, "The Hybrid Taguchi-Genetic Algorithm for Mobile Location," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Hindawi Publishing Corporation, Volume 2014.
- [18] M. J. Magro and C. J. Deboro, "A Genetic Algorithm Approach to User Location Estimation in UMTS Networks," *The International Conference EUROCON*, Warsaw, Poland, 2007.
- [19] C. S. Chen, J. M. Lin, W. H. Liu and C. L. Chi, "MS Location Estimation with Genetic Algorithm," *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, Vol. E95. A, No. 1, pp. 305-312, 2012.
- [20] Xin-She Yang, *Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms*. Luniver Press, Second Edition, Somerset, United Kingdom, 2010.
- [21] S. R. Sujatha, M. Siddappa, "Node Localization Method for Wireless Sensor Networks Based on Hybrid Optimization of Particle Swarm Optimization and Differential Evolution," *IOSR of Computer Engineering*, Vol. 19, Issue 2, pp. 07-12, April 2017.
- [22] J. Cao, "A Localization Algorithm Based on Particle Swarm Optimization and Quasy-Newton Algorithm for Wireless Sensor Networks," *Journal of Communication and Computer*, No. 12, pp. 85-90, 2015.

Избор литературе је одговарајући?

ДА

НЕ

#### IV.4 Циљеви истраживања

Основни циљ планираног истраживања односи се на развој ефикасних алгоритама за елиминацију грешака позиционирања МС у бежичним ћелијским мрежама у присуству NLOS пропагације као доминантног отежавајућег фактора, користећи принципе савремених метахеуристичких метода оптимизације. У такве алгоритме могу бити уграђене конкретне метахеуристике, или исти могу бити компоновани на бази хибридног концепта, комбинацијом одговарајућих метахеуристика са другим методама оптимизације. Хибридикација се може постићи колаборацијом између различитих техника оптимизације тако што ће се наизмјенично извршавати и размјењивати информације. Други начин је

интеграција компоненти једне методе оптимизације у другој, са циљем коришћења добрих страна сваке од њих.

Циљеви истраживања су одговарајући?

ДА

НЕ

#### IV.5 Хипотезе истраживања: главна и помоћне хипотезе

Главна радна хипотеза предвиђених истраживања:

У циљу смањења утицаја NLOS пропагационог окружења на лоцирање мобилних корисника у бежичним ћелијским мрежама, могуће је извршити дизајнирање и имплементацију довољно брзих и тачних алгоритама позиционирања чији механизам рада почива на метахеуристичким методама оптимизације.

И поред тога што употреба метахеуристика омогућује да се значајно смањи временска сложеност процеса претраге простора потенцијалних рјешења, она и даље може остати висока у проблемима позиционирања. Најзначајнију предност метахеуристичких метода представља могућност хибридизације која је заснована на чињеници да су све оне алгоритамски структуриране и да се као такве могу надограђивати једноставним модификацијама чиме се постиже велика успјешност при проналажењу оптималног рјешења локацијског проблема одређивања геометријског положаја МС.

Помоћна хипотеза:

Вјешта комбинација (хибридизација) метахеуристика са другим методама оптимизације, било егзактним као што су градијентне методе, или са другим метахеуристичким методама, може повећати ефикасност полазних алгоритама позиционирања.

Хипотезе истраживања су јасно дефинисане?

ДА

НЕ

#### IV.6 Очекивани резултати хипотезе

Најважнији очекивани резултати хипотезе јесу дизајн и практична имплементација алгоритама позиционирања чији механизам рада почива на метахеуристичким методама оптимизације, а који могу имати широку примјену за побољшање перформанси позиционирања у NLOS пропагационим условима који постоје у густим градским срединама односно урбаним кањонима, независно од типа бежичних ћелијских мрежа. Управо из таквих окружења долази највећи број захтјева за позиционирањем, јер се у њима налази и највећи број корисника. Практично, задовољавајућа тачност и мало кашњење метода заснованих на метахеурицима поправило би портфолио велике палете локацијских сервиса, од којих је потребно истаћи најважнији, сервис за хитне позиве. Ове методе локализације су актуелан предмет истраживања у кооперативним бежичним сензорским мрежама. Сматрајући да ће кроз увођење D2D (*Device-To-Device*) технологије која ће обезбиједити кооперативно позиционирање у *ultra dense* 5G мрежама доћи до својеврсне конвергенције бежичних ћелијских и сензорских мрежа, очигледан је значај анализе и истраживања примјене метахеуристика на позиционирање у ћелијским радио мрежама, како би се такве методе евентуално наметнуле као универзалне у обједињеној IoT парадигми (*Internet Of Things*).

Очекивани резултати представљају значајан научни допринос?

ДА

НЕ

#### IV.7 План рада и временска динамика

Фазе израде докторске дисертације су:

- 1) Анализа постојећег стања у области позиционирања у NLOS условима (у бежичним ћелијским мрежама),
- 2) Анализа оправданости концепта позиционирања у NLOS условима на бази метахеуристичких метода оптимизације,
- 3) Дефинисање радио пропагационих модела за позиционирање у NLOS условима,
- 4) Развој и анализа одговарајућих алгоритама позиционирања примјеном метахеуристичких метода оптимизације, са акцентом на метахеуристике новије генерације,
- 5) Развој и анализа одговарајућих алгоритама позиционирања примјеном хибридних модела (метахеуристике са осталим методама оптимизације),
- 6) Утврђивање перформанси развијених алгоритама путем симулација,
- 7) Потврда радне хипотезе на бази анализе резултата и формирање закључака.

Резултати истраживања ће бити публиковани у релевантним међународним часописима чиме се потврђује остварење научног доприноса и оцјењује квалитет остварених научно-истраживачких резултата.

**План рада и временска динамика су одговарајући?**

ДА

НЕ

#### IV.8 Метод и узорак истраживања

Основне научне методе истраживања које ће се примјењивати у раду су:

- Прикупљање, анализа и систематизација доступне литературе,
- Развој и извођење математичких модела позиционирања у NLOS условима и формирање одговарајућих циљних функција резултантног оптимизационог локацијског проблема,
- Анализа и избор метахеуристичких метода оптимизације које се најбоље прилагођавају конкретним проблемима позиционирања,
- Развој програмског кода за анализу и имплементацију метахеуристичких и изведених хибридних метода оптимизације,
- Тестирање модела у симулационом окружењу,
- Анализа и верификација добијених резултата.

**Метод и узорак су одговарајући?**

ДА

НЕ

#### IV.9 Мјесто, лабораторија и опрема за експериментални рад

У оквиру планираних истраживања за потребе испитивања и верификације развијених алгоритама биће креирано виртуално лабораторијско окружење ослоњено на одговарајућу софтверску платформу која ће бити пројектована на бази конвенционалних програмских алата као што су MATLAB и Python. Симулационо окружење ће се састојати од различитих конфигурација БС унутар стандардног кластера (са седам базних станица) хексагоналне ћелијске структуре. NLOS пропагациони ефекти могу бити симулирани

примјеном специфичних радио пропагационих модела, од којих је потребно издвојити неке од најчешће коришћених. *Scatterers* модели предвиђају да је мобилна станица смјештена у центру одређене геометријске фигуре (најчешће круга или диска) по којој су препреке (зграде и други објекти) које се налазе између МС и околних базних станица распоређене по униформној расподјели. У експоненцијалном моделу NLOS грешка позиционирања понаша се као експоненцијална случајна промјењива, док генералнији пропагациони модел подразумева да је иста униформно дистрибуирана унутар одређеног опсега.

Систем ће у току рада генерисати одређене статистичке податке за чије приказивање и анализу ће се искористити могућности програмског пакета MATLAB.

Услови за експериментали рад су одговарајући?

ДА

НЕ

#### IV.10 Методе обраде података

Иницијализација алгоритама и уопште омогућавање статистичке обраде података извршиће се симулацијама временских серија независних ТОА (*Time of Arrival*) мјерења са МС/БС које ће бити генерисане експериментисањем са различитим статистичким и функционалним параметрима примијењених радио пропагационих модела. За верификацију рада развијених алгоритама користиће се расположиви софтверски производи за статистичку обраду, документовање и анализу података, као и приказ одговарајућих резултата. Принципи обраде података биће засновани на статистичкој анализи параметра тачности процјене локације МС. Поред стандардне мјере тачности која је дефинисана девијацијом средњеквадратне грешке RMSE (*Root Mean Square Error*), биће извршена и анализа осталих метрика тачности као што су кумулативна функција дистрибуције грешке позиционирања CDF (*Cumulative Distribution Function*), Крамер-Рао доња граница варијансе CRLB (*Cramer Rao Lower Bound*) и друге од интереса. Све наведене метрике тачности биће испитане у функцији статистичких параметара NLOS пропагационих модела. Анализа резултата истраживања ће се вршити помоћу графичке визуелизације релевантних параметара и функција, и њиховим поређењем са резултатима постојећих метода доступних у литератури.

Предложене методе су одговарајуће?

ДА

НЕ

#### V ЗАКЉУЧАК

Кандидат је подобан	ДА	НЕ
Тема је подобра	ДА	НЕ

*Образложење:*

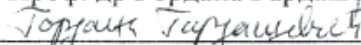
На основу увида у рад кандидата, приложену документацију, биографију и библиографију, Комисија је закључила да кандидат мр Стево Лукић испуњава све прописане услове за одобрење теме за израду докторске дисертације, а у складу са важећим Законом о Универзитету и на начин предвиђен Статутом Универзитета у Бањој Луци.

Комисија сматра да је предложена тема актуелна, посебно у области унапређења постојећих и креирања нових услуга у будућим телекомуникационим мрежама. Такође, Комисија је јединствена у оцјени да су концепт и предложене методе истраживања адекватне постављеној радној хипотези, као и да ће кандидат дати свој оригинални научни допринос у области истраживања.

Узимајући у обзир све наведено, Комисија предлаже Наставно-научном вијећу Електротехничког факултета и Сенату Универзитета у Бањој Луци да прихвати овај Извјештај и одобри тему за израду докторске дисертације под насловом „Белијско позиционирање у NLOS условима примјеном метахеуристичких метода оптимизације“ кандидата мр Стеве Лукића, те да му омогући да приступи њеној изради.

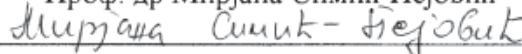
Датум: 06.11.2017. године

Проф. др Гордана Гардашевић



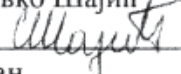
Предсједник комисије

Проф. др Мирјана Симић-Пејовић



Ментор

Доц. др Славко Шajiћ



Члан