

**Комисија за преглед и оцену докторске дисертације  
кандидата мр Мирјане Максимовић, дипл. инж. ел.**

Др Зорица Николић, редовни професор, председник  
Др Владимир Милошевић, редовни професор, ментор и члан  
Др Видан Говедарица, ванредни професор, члан  
Др Бранко Перишић, ванредни професор, члан  
Др Горан Стојановић, ванредни професор, члан

**Научно-наставном већу Електротехничког факултета Универзитета у  
Источном Сарајеву**

На основу члана 149. Закона о високом образовању РС (Службени гласник РС бр. 73/10 и 104/11) и члана 16. *Правилника о стицању научног степена доктор наука („докторат по старом“)*, број 03-78/12 од 9. фебруара 2012. године, Научно-наставно веће Електротехничког факултета, на својој 85. редовној седници, одржаној 5. јуна 2014. године, донело је Одлуку о формирању Комисије за преглед и оцену урађене докторске дисертације под називом *Унапређење различитих сегмената бежичних сензорских мрежа и аспеката њихове примјене у савременим системима за праћење и контролу пожара у затвореном простору*, кандидата мр Мирјане Максимовић. На основу члана 17. *Правилника о стицању научног степена доктор наука („докторат по старом“)* Комисија подноси следећи:

## **ИЗВЕШТАЈ**

### **1. Подаци о кандидату**

#### ***Основни биографски подаци***

Максимовић (Милан) Мирјана рођена је 23. октобра 1982. године у Сарајеву, Општина Центар. Основно образовање је стекла у Основној школи „Петар Петровић Његош“ у Лукавици 1997. године. Исте године уписала се у средњу школу „Гимназија и средња стручна школа Источна Илиџа“ у Српском Сарајеву где је и матурирала 2001. године. Након тога уписује се на Електротехнички факултет Универзитета у Српском Сарајеву. Дипломирала је 2006. године на истоименом факултету и стекла звање *дипломирани инжењер електротехнике*, Одсек за аутоматику и електронику. Тема дипломског рада је била „Дискретне трансформације и неке примјене“. Рад је одбранила 20.09.2006. године са оценом 10. На Електротехничком факултету у Источном Сарајеву уписала је и постдипломски магистарски студиј 2006. године. Положила је све испите са просечном оценом 10 и магистрала 2009. године стекавши звање *магистра техничких наука*, област телекомуникације. Магистарски рад под називом „Развој сензора и примјена бежичних сензорских мрежа у савременој пољопривреди и заштити животне средине“ одбранила је 1.10.2009. године. Приликом рада на магистарској тези кандидаткиња је имала прилику да ради и да се усавршава у једном од водећих светских института у области сензора и актуатора при Техничком универзитету у Бечу.

## Стручна биографија

Од октобра 2006. године је запослена као асистент на Електротехничком факултету у Источном Сарајеву. Ангажована је на извођењу аудиторних и лабораторијских вежби на неколико предмета Одсека за аутоматику и електронику, Одсека за електроенергетику и Одсека за рачунарство и информатику. У току рада на Електротехничком факултету ангажман у настави је обухватао извођење аудиторних и лабораторијских вежби на следећим предметима: „Физика“, „Теорија аутоматског управљања 1“, „Теорија аутоматског управљања 2“, „Системи аутоматског управљања“, „Пројектовање система аутоматског управљања“, и „Основи телекомуникација“. Тренутни ангажман у настави (школска 2013/2014 година) обухвата предмете на основном студију: „Теорија аутоматског управљања 1“, „Теорија аутоматског управљања 2“, „Системи аутоматског управљања“, „Основи телекомуникација“ и предмет „Теорија стабилности система управљања“, на мастер студију.

Од 2006. године је и активан учесник у организацији научно-стручног симпозијума Инфотех Јахорина а од 2012. учествује и у пословима рецензије радова поменуте конференције.

Од 2009. године ангажована је у Институту за стандардизацију Босне и Херцеговине, где активно учествује у раду Техничког комитета за аутоматику а од 2011. члан је и Техничког комитета за телекомуникације.

## Објављени радови

У току стручне каријере кандидаткиња је као аутор или коаутор објавила више радова у часописима и симпозијумима од међународног и националног значаја.

Публикације истакнуте болдом, су радови кандидаткиње објављени током истраживања и израде докторске дисертације.

### ***Радови објављени у водећим часописима међународног значаја (SCI листа):***

1. **Mirjana Maksimović**, Goran M. Stojanović, Milan Radovanović, Mirjana Malešev, Vlastimir Radonjanin, Goran Radosavljević and Walter Smetana, *Application of a LTCC sensor for measuring moisture content of building materials*, часопис „Construction and building materials“, vol. 26, no. 1, pp. 327-333, ISSN: 0950-0618, **2012 (IF: 2.29)**
2. **Mirjana Maksimović**, Vladimir Vujović and Vladimir Milošević, *Fuzzy Logic and Wireless Sensor Networks – A Survey*, часопис „Journal of Intelligent and Fuzzy System“, октобар 2013, DOI10.3233/IFS-131046, (IF: 0.78)

### ***Радови објављени у међународним часописима:***

1. **Mirjana Maksimović**, Vladimir Vujović and Vladimir Milošević, *Mining and predicting rate of rise heat detector data*, часопис „Facta Universitatis, Series: Working and Living Environmental Protection“, Vol. 10, No 1, pp. 37 – 51, 2013

### ***Радови објављени у националним часописима:***

1. **Mirjana Maksimović** and Vladimir Vujović, *Comparative analysis of data mining techniques applied on wireless sensor network data for fire detection*, часопис „Journal of Information Technology and Applications“, JITA 3(2013) 2:65-77
2. Snježana Milinković and **Mirjana Maksimović**, *Using decision tree classifier for analyzing students' activities*, часопис „Journal of Information Technology and Applications“, JITA 3(2013) 2:87-95

3. Mirjana Maksimović and Goran Stojanović, *Analysis of geometry influence on performances of capacitive pressure sensor*, часопис „Electronics“, Vol.13, No.2, pp. 41-45, 2009

*Радови објављени у зборницима са националних и међународних скупова:*

1. Mirjana Maksimović, Vladimir Vujović, Nikola Davidović, Vladimir Milošević and Branko Perišić, *Raspberry Pi as Internet of things hardware: Performances and Constraints*, IcETTRAN, Vrnjačka Banja, 2014.
2. Vladimir Vujović and Mirjana Maksimović, *Raspberry Pi as a Wireless Sensor Node: Performances and Constraints*, The 37<sup>th</sup> International ICT Convention – MIPRO 2014, pp. 1247-1252, ISSN 1847-3938, ISBN 978-953-233-078-6, Opatia, Croatia, 2014
3. Vladimir Vujović, Mirjana Maksimović and Branko Perišić, *A DSM for a Modeling RESTful SensorWeb Network*, 10<sup>th</sup> Annual International Conference on Information Technology & Computer Science, 19-22 May 2014., Athens Greece, ISBN: 978-618-5065-40-9
4. Vladimir Vujović, Mirjana Maksimović, Branko Perišić and Vladimir Milošević, *A Graphical Editor for RESTful Sensor Web Networks Modeling*, SACI 2014 IEEE 9<sup>th</sup> International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, pp. 61-66, 15-17 May 2014., Timisoara, Romania
5. Мирјана Максимовић, *Примјена фази логике у БСМ за детекцију пожара*, ИНФОТЕХ-ЈАХОРИНА Vol. 13, стр. 337-342, Март 2014.
6. Мирјана Максимовић, *Оптимално распоређивање сензора за детекцију дима и топлоте*, ИНФОТЕХ-ЈАХОРИНА Vol. 13, стр. 349-354, Март 2014.
7. Mirjana Maksimović, *Mining and predicting temperature and smoke sensors data*, ИНФОТЕХ-ЈАХОРИНА Vol. 13, стр. 343-348, Март 2014.
8. Mirjana Maksimović, Vladimir Vujović and Vladimir Milošević, *The fire possibility prediction based on fuzzy logic generated dataset*, YU INFO 2014, pp. 492-534, Копаоник, 9-13 март 2014, ISBN: 978-86-85525-13-1
9. Mirjana Maksimović, Vladimir Vujović, Vladimir Milošević and Branko Perišić, *Increasing the lifetime of hexagonal deployed Wireless SensorWeb network*, ICIST 2014 - 4<sup>th</sup> International Conference on Information Society and Technology, pp. 131-136, Копаоник 9-13 март 2014, ISBN: 978-86-85525-14-8
10. Владимир Вујовић, Мирјана Максимовић и Бранко Перишић, *Примјена софтверских алата у процесу изучавања софтверског инжењерства*, Зборник радова/XX скуп Трендови развоја „Развојни потенцијал високог образовања“, ISSN: 978-86-7892-594-8, Paper No. T4.3-5, стр. 215-218, Копаоник 2014
11. Mirjana Maksimović, Vladimir Vujović and Dijana Kosmajac, *Fuzzy rule reduction influence on system's accuracy*, 21<sup>st</sup> Telecommunications forum TELFOR 2013 Belgrade, Serbia, November 26-28, 2013, pp. 920-923
12. Vladimir Vujović, Mirjana Maksimović, Dijana Kosmajac, Vladimir Milošević and Branko Perišić, *Web Integration of REST Enabled Wireless Sensor Networks for Fire Detection*, International conference on Applied Internet and Information Technologies, pp. 30-35, АИИТ 2013 Zrenjanin, Serbia
13. Vladimir Vujović, Ines Perišić, Mirjana Maksimović and Igor Kekeljević, *The role of visualization in Building Management Systems*, International conference on

**Applied Internet and Information Technologies, pp. 102-107, АИТ 2013 Zrenjanin, Serbia**

14. Snježana Milinković and Mirjana Maksimović, *Analyzing the impact of administrative and demographic data on students' performance*, International conference on Applied Internet and Information Technologies, pp.421-425, АИТ 2013 Zrenjanin, Serbia
15. Сњежана Милинковић и Мирјана Максимовић, *Користићење Decision Tree класификатора за анализирање студентских активности*, V Међународни научно-стручни скуп информационе технологије за е-образовање, IteO Бања Лука, 27-28. септембар 2013, стр. 83-92.
16. **Marijana Cosović, Mirjana Maksimović and Slobodan Obradović, *Role of Data Mining techniques in Wireless Sensor Networks*, XI International Conference, ETAI Ohrid, Macedonia, 26-28 september 2013**
17. Мирјана Максимовић и Владимир Вујовић, *Улога Интернет базираних бежичних сензорских мрежа у заштити од пожара*, ИНФОТЕХ-ЈАХОРИНА Vol. 12, стр. 629-634, Март 2013.
18. Мирјана Максимовић и Нада Цинцар, *Пројектовање и моделовање система противпожарне заштите у сервер сали*, ИНФОТЕХ-ЈАХОРИНА Vol. 12, стр. 80-85, Март 2013.
19. **Marijana Cosovic and Mirjana Maksimovic, *Sensor Networks Energy Efficiency in Subthreshold Voltage Domain*, INFOTEN-JAHORINA Vol. 12, str. 445-449, March 2013.**
20. Божидар Поповић, Наташа Поповић, Мирјана Максимовић, Ениса Омановић-Микличанин и Нејра Пушчул, *Одређивање концентрације хидроген пероксида у воденим растворима методом хемилуминисценције*, ИНФОТЕХ-ЈАХОРИНА Vol. 11, стр. 36-40, Март 2012
21. Слободан Недић и Мирјана Максимовић, *Неуниформна филтерска банка за пренос података*, ИНФОТЕХ-ЈАХОРИНА Vol. 11, стр. 411-416, Март 2012
22. Мирјана Максимовић, Горан Радосављевић, Милан Радовановић и Горан Стојановић, *Примена бежичног LC сензора за мерење концентрације воде у грађевинским материјалима*, ИНФОТЕХ-ЈАХОРИНА, Vol. 9, Ref. E-V-5, стр. 714-718, Март 2010
23. Мирјана Максимовић и Горан Стојановић, *Анализа утицаја геометрије на перформансе капацитивног сензора притиска*, ИНФОТЕХ-ЈАХОРИНА, Vol. 8, Ref. E-I-9, стр. 384-388, Март 2009
24. Мирјана Максимовић и Маријана Ћосовић, *БЕР перформансе дигиталних шема базираних на ПСК модулацијама*, Индел 2008, Бања Лука

#### **Учесће у пројектима**

У току стручне каријере кандидаткиња је учествовала у реализацији следећих важнијих пројеката:

1. Назив пројекта: *"Distance e-Learning in Electrical Engineering Education"*,
  - трајање: мај 2007. до октобар 2007.
  - носилац пројекта: UNESCO-BRESCE и Електротехнички факултет у Источном Сарајеву.
2. Назив пројекта: *"Web апликација за анкетирање студената као софтверска подршка у процесу осигурања квалитета на високошколским установама"*.
  - трајање: 2009. до 2010. године

- пројекат подржан од Министарства науке и технологије Владе Републике Српске.
3. Назив пројекта: *"Моделирање компоненти хибридних система напајања"*.
    - трајање: 2010. година
    - пројекат подржан од Министарства науке и технологије Владе Републике Српске.
  4. Назив пројекта: *"Развој нових сензора и сензорског чвора за одређивање компоненти значајних у животној средини (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, нитрити и нитрати у прехранбеним производима, параметри квалитета воде)"*.
    - трајање: 2010. до 2012. године
    - пројекат подржан од Министарства науке и технологије Владе Републике Српске.

## 2. Преглед докторске дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње садржи укупно 212 страница, укључујући насловну страну, предговор, сажетак на српском језику и сажетак на енглеском језику. Текст дисертације је обима 189 страница у формату В5, основног фонта *Times New Roman* 11 са једноструким проредом, у оквиру којих је приказано 133 слике, 25 табела и листа од 176 библиографских јединица. Дисертација је организована кроз седам поглавља, укључујући уводно поглавље и закључак са дискусијом. На крају дисертације је приложено шест додатака, списак коришћене литературе, попис слика, табела и коришћених скраћеница.

У првом, уводном поглављу дисертације дефинисани су област, проблеми и циљеви истраживања, као и структура рада. Детаљном анализом кандидаткиња се осврнула на основне појмове у области бежичних сензорских мрежа и противпожарних система, дајући преглед стања у области истраживања, као и историјски осврт на развој система за заштиту од пожара. Описане су методе истраживања, циљеви истраживања, очекивани научни резултати и дат је кратак преглед садржаја дисертације.

Друго поглавље даје детаљан преглед у области бежичних сензорских мрежа, описана су досадашња постигнућа, примене и правци развоја и истраживања.

У трећем поглављу је описан систем за заштиту од пожара као и основни принципи пројектовања истог. Поред описа самог тока развоја пожара у затвореним просторима и прегледа постојећих типова детектора, дат је и преглед примене бежичних сензорских мрежа у праћењу и контроли пожара. У овом поглављу пажња је посвећена и правилима и ограничењима при одабиру позиција детектора, те одабиру штићеног подручја у складу са европским стандардима серије EN54. Наведени су и технички комитети који се баве увођењем стандарда у заштити од пожара у Босни и Херцеговини те наведена упоредна анализа неких европских стандарда са NFPA72 стандардом који је важећи у Сједињеним Америчким Државама.

Четврто поглавље посвећено је различитим начинима распоређивања детектора-сензора (топологија), одабиру оптималног распореда, броја и типа коришћених детектора-сензора. Помоћу симулација упоређено је неколико стратегија распоређивања детектора-сензора, у зависности од типа и величине пожара, како би се пронашао оптималан модел за конкретан случај. Анализа хијерархијске организације мрежне структуре извршена је кроз неколико критеријума у циљу одабира најоптималније топологије у случају праћења и контроле пожара.

Примена *soft computing* техника, са нагласком на фази логику и *data mining* технике, у системима за праћење пожара, приказана је у петом поглављу. Предложена су

два фази приступа за праћење и контролу пожара, док је неколико *data mining* техника примењено на различитим типовима и величинама података у циљу одабира најбоље. Идеја која је спроведена у овом делу јесте да се доношење одлуке пренесе са детектора-сензора, који, због своје цене располаже ниским нивоом вештачке интелигенције, на централну јединицу, која може да има моћне микропроцесоре и према томе потенцијално неупоредиво већи степен интелигенције, омогућавајући на тај начин да се повећа поузданост система и истовремено редукује број лажних аларма.

У шестом поглављу уведен је појам Интернета ствари, разматране могућности примене овог концепта у системима за праћење и контролу пожара, те приказан начин креирања сензор-веб чвора помоћу јефтиног хардвера и бесплатних софтвера. Концепт Интернета ствари представља нову димензију уведену у свет информационих и комуникационих технологија засновану на идеји на основу које ће *ствари (предмети)* у било ком тренутку, на било ком месту и за било кога, бити доступни и увезани у јединствен систем. *Предмети* ће имати могућност идентификације, препознавања, лоцирања, а у појединим случајевима адресирања и контроле преко Интернета. Употреба Интернет протокол технологије у бежичним сензорским мрежама је кључни предуслов за реализацију визије Интернета ствари. Ограничени ресурси својствени сензорима, у погледу снаге обраде, енергије, комуникације и пропусног опсега, захтева употребу „лаганијих“ механизма. Да би се превазишао проблем ограничених ресурса, својствен сензорским чворовима, коришћен је RESTful (*REST - Representational State Transfer*) приступ базиран на SWE (*Sensor Web Enablement*) сервисима за интеракцију са бежичним сензорским мрежама. Другим речима, сваки сензорски чвор се посматра као RESTful ресурс којем се може приступити преко SWE услуге користећи JSON (*JavaScript Objekat notation*) за размену података. Развој система праћен је и развојем одређених софтверских апликација за визуелизацију и едитора за креирање, праћење и контролу сензор-веб мреже. Обрада и визуелизација података, генерисаних применом два фази приступа предложена у петом поглављу, приказани су у овом поглављу.

У завршном, седмом поглављу дисертације, сумирани су резултати истраживања, наведени су главни научни доприноси и остали доприноси дисертације, те наведене смернице за будући рад. Кандидаткиња се осврнула на област истраживања, закључна разматрања наведена у претходним поглављима дисертације и извела опште закључке.

### 3. Значај и допринос докторске дисертације

Докторска дисертација је у потпуности посвећена истраживању у области проучавања могућности примене бежичних сензорских мрежа у системима за праћење и контролу пожара. Узимајући у обзир област теме и урађена истраживања у току израде дисертације, као и примењену методологију, поред свеобухватног прегледа примене бежичних сензорских мрежа у системима за контролу и праћење пожара у „паметним кућама“, дати су и конкретни предлози за унапређење и оптимизацију сегмената ових система. Интернет базирани бежичне сензорске мреже за мониторинг пожара описане у докторској дисертацији имају следеће предности:

- сви сензорски чворови су повезани са Интернетом,
- подаци су читљиви и доступни клијентима који могу бити мобилни и/или удаљени од места избијања пожара,
- коришћењем REST сервиса омогућава се да је формат у коме се враћају подаци флексибилан што имплицира да различити клијенти могу да затраже податке у формату који им највише одговара,
- подаци се чувају и може се вршити накнадни приступ од стране овлашћених клијената,

- систем је скалабилан, омогућавајући истовремено коришћење више мониторинг апликација,
- систем користи расположиву технологију,
- предложени прототип омогућава да корисник помоћу јефтиног хардвера и бесплатних софтвера креира програмски контролисани уређај-систем, односно решење које задовољава његове властите потребе,
- архитектура Интернет базираних бежичних сензорских мрежа има релативно ниску цену а коришћењем REST архитектурног стила за SWE ефикасно се побољшава, превазилазећи проблеме велике потрошње и ограничене ресурсе,
- проблем недостајућих података услед нпр. отказа чвора, и лажна алармирања, односно поузданост и мања потрошња остварени су применом *soft computing* техника,
- комбинацијом више различитих сензора могуће је обезбедити информације о локацији пожара и његовом ширењу (којом брзином и у ком смеру) као и вредности температуре/дима на различитим локацијама унутар зграде, омогућавајући тиме правовремене и прецизне детекције и реакције,
- развој решења за креирање и дизајнирање информационих система за управљање и рад са сензор-веб мрежама заснованим на RESTful сервисима не захтева поседовање специфичних програмских вештина.

Поред теоријског значаја, дисертација има и висок ниво практичне употребљивости, а ако се има у виду чињеница да бежичне сензорске мреже имају широку употребу у свим сферама, интеграција бежичних сензорских мрежа са новом визијом Интернета ствари отвара велике могућности за практичну употребу ове технологије.

#### 4. Научни резултати докторске дисертације

Истраживања спроведена у оквиру докторске дисертације у циљу потврде постављене хипотезе су у потпуности испунили очекиване резултате и постављене циљеве истраживања. Као најважнији резултати дисертације могу се сматрати:

- направљен преглед примена бежичних сензорских мрежа,
- направљена анализа одабира одговарајућег типа детектора за праћење и контролу пожара и одређивање оптималног броја истих,
- направљена анализа одабира оптималног распореда сензора и хијерархијске организације сензорске мреже за праћење и контролу пожара,
- примена фази логике у процесу доношења одлука у циљу смањења потрошње и појаве лажних аларма,
- примена *data mining* техника у сврху класификацијских и предикционих активности,
- приказ концепта Интернета ствари, који представља нову димензију информационих и комуникационих технологија засновану на идеји на основу које ће *предмети* у било ком тренутку, на било ком месту и за било кога бити доступни и увезани у јединствен систем, те могућности примене овог концепта у системима за праћење и контролу пожара,
- креирање јефтине RESTful сензор-веб мреже за праћење и контролу пожара и
- развој графичког едитора за креирање, праћење и управљање RESTful сензор-веб мрежом.

Као остали доприноси дисертације могу се сматрати, горе истакнуте публикације у часописима и на конференцијама међународног и националног значаја, објављени у току истраживања и израде докторске дисертације.

## 5. Закључак и предлог комисије

На основу увида у докторску дисертацију и извршене анализе може се закључити да докторска дисертација мр Мирјане Максимовић, дипл. инж. ел. представља високо квалитетан истраживачки рад. Дисертација садржи оригиналне теоријске и нарочито практичне резултате у области примене бежичних сензорских мрежа у системима за праћење и контролу пожара у затвореним просторима. Чланови Комисије предлажу Већу Електротехничког факултета у Источном Сарајеву и Сенату Универзитета у Источном Сарајеву да докторску дисертацију под насловом „Унапређење различитих сегмената бежичних сензорских мрежа и аспеката њихове примјене у савременим системима за праћење и контролу пожара у затвореном простору“ аутора мр Мирјане Максимовић, дипл. инж. ел. прихвати и одобри њену усмену одбрану.

### КОМИСИЈА:

**1. Проф. др Зорица Николић, редовни професор, председник**  
Универзитет у Нишу, Електронски факултет Ниш  
Ужа научна област: Телекомуникације

---

**2. Проф. др Владимир Милошевић, редовни професор, ментор и члан**  
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука Нови Сад  
Ужа научна област: Телекомуникације

---

**3. Проф. др Видан Говедарица, ванредни професор, члан**  
Универзитет у Источном Сарајеву, Електротехнички факултет Источно Сарајево  
Ужа научна област: Математичка анализа и примена

---

**4. Проф. др Бранко Перишић, ванредни професор, члан**  
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука Нови Сад  
Ужа научна област: Рачунарске науке

---

**5. Проф. др Горан Стојановић, ванредни професор, члан**  
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука Нови Сад  
Ужа научна област: Електротехничко и рачунарско инжењерство

---

Источно Сарајево, 08.07.2014. год.