

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Миодрага Живковића, дипл. инж.

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду бр. 5010/07-3 од 23.06.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Миодрага Живковића под насловом

### **Едукациони софтверски систем за симулацију рада бежичних сензорских мрежа**

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 дипл. инж. Миодраг Живковић уписао је докторске студије на Електротехничком факултету у Београду у школској 2007/2008. години. На основу одлуке Наставно-научног већа бр. 2944/2 од 11.10.2007. године, Студијски програм је започео у пролећном семестру школске 2007/2008, па се рок за завршетак докторских академских студија рачуна од почетка тог семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета. На основу молбе кандидата одобрено је мировање права и обавеза у школској 2009/2010. години.

27.8.2012. године кандидат је предао пријаву теме за израду докторске дисертације.

Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације 30.8.2012. године и дала сагласност да се предлог теме упути Наставно-научном већу факултета на усвајање.

Наставно-научно веће на седници одржаној 4.9.2012. године донело је Одлуку о именовану Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације у саставу: др Бошко Николић, ванредни професор, Електротехнички факултет у Београду, др Ранко Поповић, редовни професор Универзитет Сингидунум, Београд, др Јелица Протић, ванредни професор, Електротехнички факултет у Београду.

Наставно-научно веће на седници одржаној 27.11.2012. године прихватило је Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације коју је пријавио Миодраг Живковић, дипломирани инжењер електротехнике.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 24.12.2012. године дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације (број Одлуке 06-21061//28-12 од 24.12.2012. године).

Докторска дисертација предата је 22.5.2014. године. На састанку Комисије за студије трећег степена одржаном 27.5.2014. године утврђено је да кандидат испуњава услове за предају докторске дисертације на преглед и оцену и предлог Комисије за преглед и оцену докторске дисертације упућен је Наставно-научном већу факултета на усвајање.

Наставно-научно веће на седници бр. 775 од 17.6.2014. године, донело је Одлуку о именовану Комисије за преглед и оцену докторске дисертације дипл. инж. Миодрага Живковића под насловом „Едукациони софтверски систем за симулацију рада бежичних сензорских мрежа“. Чланови комисије су: др Бошко Николић, ванредни професор (ментор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Зоран Јовановић, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Ранко Поповић, редовни професор (Универзитет Сингидунум), др Јелица Протић, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Душан Старчевић, редовни професор (Универзитет у Београду – Факултет организационих наука).

### 1.2. Научна област дисертације

Научна област дисертације је Електротехника и рачунарство, а ужа научна област је Софтверско инжењерство. За ову ужу научну област матичан је Електротехнички факултет у Београду.

Дисертација је рађена под менторством ванредног професора др Бошка Николића. Ментор испуњава законске услове за ментора, бави се научним радом у ужој области Софтверско инжењерство, професионално се бави развојем интелигентних система, програмирањем корисничких интерфејса и програмирањем у језику Јава, а предаје између осталих и предмете Експертски системи, Програмирање корисничких интерфејса и Вештачка интелигенција и експертски системи на којем се изучавају неке од тема обрађених у дисертацији.

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

Миодраг Живковић, дипломирани инжењер електротехнике, рођен је 30.04.1982. у Београду, Република Србија, од оца Живана и мајке Слободанке Живковић. Основну и средњу школу завршио је у Београду као један од најбољих ученика. Од ране младости исказивао велико интересовање за природне науке. То стечено знање је показивао на многобројним такмичењима из математике и физике. Поред интересовања за природне науке показао је интересовање и за књижевност.

Електротехнички факултет у Београду, смер рачунарска техника и информатика, уписао је 2001. године. У априлу 2007. године дипломирао је са просечном оценом 8.33 током студија и оценом 10 на дипломском. У току свог студирања све своје обавезе одрађивао у предвиђеном року. У марту 2008. године уписао је докторске студије на Електротехничком факултету у Београду, смер софтверско инжењерство, и положио све испите са просечном оценом 9.9. Фокус његовог истраживачког рада је примена симулације у области бежичних сензорских мрежа, сигурност и заштита, као и енергетска ефикасност сензорских мрежа.

Од јула 2006. запослен је у београдском одсеку фирме P3 communications, чије је седиште у Ахену, Немачка. Радио је на пројектима тестирања софтвера мобилних телефона у државама Европе, Азије и Африке, на позицијама тест инжењера, а касније и тим лидера. Након тога се бавио развојем софтвера и Јава апликација за BlackBerry уређаје. Тренутно је на позицији вође сектора за истраживање и развој у оквиру исте компаније.

Аутор је два рада у међународним часописима са *impact* фактором (SCI листа). Има више радова који су представљени на међународним и домаћим научним конференцијама, као и техничка решења развијена у оквиру домаћих пројеката.

Говори енглески и француски језик.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација садржи насловну страну и кратак резиме рада на српском и енглеском језику, садржај, осам поглавља, скуп неопходних прилога, преглед коришћене литературе и кратку биографију кандидата. Поглавља су насловљена 1. Увод, 2. Бежичне сензорске мреже, 3. Дефиниција проблема и предлог решења, 4. Преглед и евалуација постојећих симулатора, 5. Прототип симулатора за примену у настави сензорских мрежа, 6. Лабораторијске вежбе, 7. Евалуација предложеног решења, 8. Закључак. Дисертација садржи 126 страна (не рачунајући изјаве и прилоге), 66 илустрације и 13 табела.

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље представља увод у дисертацију. Друго поглавље представља увод у основе бежичних сензорских мрежа. Дат је кратак историјат бежичних сензорских мрежа, као и преглед области примене. У наставку овог поглавља дат је опис архитектуре бежичних сензора, са описом хардверских компоненти и оперативног система, као и кратак преглед најчешће употребљаваних сензорских платформи. Дат је и кратак опис специфичних захтева бежичних сензорских мрежа, попут врло ограничених ресурса за процесирање, складиштење података, комуникацију и енергију. Треће поглавље даје опис проблема који се решава и предлог решења проблема дефинисањем карактеристика софтверског окружења за креирање симулатора сензорских мрежа. На основу програма предмета Сензорске мреже идентификоване су најбитније теме које су имплементирани у симулатору. У ове теме спадају мрежне топологије, ограничења у виду потрошње енергије, рутирање, локализација, агрегација података као и методе сигурности и заштите. Четврто поглавље садржи описе симулатора који се користе у области бежичних сензорских мрежа. У овом поглављу је дат детаљан преглед и евалуација расположивих симулатора, са становишта области примене симулатора и карактеристика симулатора, као и њихова анализа са становишта могуће примене у едукационом домену. Пето поглавље даје предлог дизајна симулатора који треба да омогући симулацију бежичних сензорских мрежа произвољног нивоа сложености. Дати су и модели који описују карактеристике симулатора бежичних сензорских мрежа. У описане моделе спадају модел мреже, модел чвора, модел потрошње енергије и батерије, модел пропагације радио сигнала и модел кретања чворова. Приказан је прототип симулатора развијен према описаном поступку, са циљем да се омогући његова примена у настави сензорских мрежа. Дат је опис самог симулатора као и начин његовог коришћења од стране корисника. У шестом поглављу дефинисане су лабораторијске вежбе базиране на програму предмета Сензорске мреже, које су имплементирани у симулатору. Детаљно су описана два основна режима рада симулатора: самоедукација и лабораторијски рад. У оквиру самоедукације студенти могу да симулирају произвољне сензорске мреже и самостално спроводе истраживање и анализу. Лабораторијски рад се односи на лабораторијске вежбе, које се састоје од теоријског увода и практичног рада студента. У наставку поглавља приказана је могућност интеграције развијеног симулатора у тродимензионално виртуелно окружење OpenWonderland, у коме је креирана виртуелна лабораторија. У поглављу седам обављена је евалуација предложеног решења. У осмом поглављу је изложен закључак, као и будуће активности и правци развоја и истраживања. На крају су дати неопходни прилози и

преглед коришћене литературе. У оквиру прилога дат је и изворни код најбитнијих класа симулатора.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### 3.1. Савременост и оригиналност

На основу прегледане докторске дисертације Комисија оцењује да дисертација обрађује тренутно врло актуелну проблематику пројектовања симулатора бежичних сензорских мрежа. У циљу формирања методологије у оквиру дисертације је приказан преглед наставе у оквиру предмета Сензорске мреже, као и преглед области сензорских мрежа где је посебан акценат био стављен на области које студенти треба да познају као би могли да развију симулаторе који омогућавају рад у таквом окружењу. На основу спроведене евалуације постојећих симулатора који се користе у настави, а који имају расположив изворни код предложено је решење које се заснива на коришћењу слојевите архитектуре код које је сваки слој одговоран за други вид обраде и комуникације. Детаљи везани за процедуре и објашњења техника које се користе за реализацију ових слојева су приказани у у оквиру дисертације. Централни део дисертације описује симулатор дискретних догађаја опште намене развијен према описаној методологији као симулатор бежичних сензорских мрежа који је предвиђен за рад у едукационом окружењу. Опис симулатора и његових делова је дат са становишта детаља имплементације, као и са становишта коришћења где су описане карактеристичне ситуације у којима се симулатор може користити. На основу имплементације симулатора и пратећих библиотека развијене су лабораторијске вежбе и пројекти из предмета Сензорске мреже, које су представљене у наставку дисертације као и евалуација постигнутих резултата у настави. Поред ове евалуације на крају дисертације је представљена и евалуација симулатора са становишта експерименталних резултата и са становишта аналитичког модела како би се утврдило у којим случајевима и у ком обиму се могу користити симулатори развијени сходно описаној методологији. С обзиром на комплексност проблема и актуелност теме закључујемо да је значај урађене дисертације на високом научном нивоу који задовољава све стандарде за израду докторске дисертације.

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

Кандидат је детаљно претражио и упознао се са одговарајућом литературом. У дисертацији је прецизно наведено 100 библиографских референци на радове који су у вези са темом дисертације. Литература садржи и најновије радове релевантне за тему дисертације, као и одговарајуће радове чији је аутор или коаутор. Референтна литература садржи референце досадашњих решења проблема из домена ове дисертације. Референце на техничка решења симулатора чији је изворни код био доступан обухватају репрезентативне симулаторе бежичних сензорских мрежа, чијом критичком анализом је омогућено успешно пројектовање и реализација симулатора дискретних догађаја предвиђеног за рад у едукационом окружењу. Референцирани радови и техничка решења израђена на Електротехничком факултету у Београду указују на вишегодишњи непрекидни рад у области пројектовања, реализације и коришћења симулатора рачунарских система.

#### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија примењена приликом израде ове докторске дисертације може се сумирати кроз следећи низ активности:

- систематско проучавање домаће и иностране литературе из области дисертације;

- критичка анализа проблема наставе из сензорских мрежа;
- евалуација софтверских система за симулацију рада бежичних сензорских мрежа, са аспекта примене у едукационом домену;
- реализација циљног софтверског система за симулацију рада бежичних сензорских мрежа, за подршку настави из предмета Сензорске мреже;
- развој аналитичког модела понашања симулатора бежичних сензорских мрежа;
- испитивање осетљивости предложеног аналитичког модела коришћењем оптерећења карактеристичног за симулације у области бежичних сензорских мрежа;
- верификација полазних хипотеза о могућности реализованог софтверског окружења на основу резултата моделовања и резултата добијених на основу реализације одговарајућих симулатора у релевантним областима бежичних сензорских мрежа.

Најзначајнији фактор приликом истраживања на овој дисертацији је заузела предложена методологија пројектовања симулатора бежичних сензорских мрежа који се могу користити за рад у едукационом окружењу.

Наведени поступци у основи припадају и теоријским и експерименталним истраживањима, и у потпуности одговарају проблему и постављеном циљу дисертације.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

У оквиру дисертације представљена је методологија за реализацију симулатора бежичних сензорских мрежа као подршке предавањима из предмета Сензорске мреже. Извршена је систематизација и категоризација постојећих решења. Након евалуације постојећих решења, имплементиран је прототип симулатора за примену у настави.

Студенти се сусрећу са концептима сензорских мрежа на предавањима и вежбама на табли, а од њих се тражи да разумеју апстрактне појмове о раду ових система. Уобичајен начин за повезивање апстрактних концепата је употреба софтверских окружења за симулацију рада реалних система. Овако реализован симулатор омогућава побољшање процеса учења и проширивање знања студената на разумљив начин путем симулације реалних ситуација. Симулатор омогућава верно праћење понашања симулираних сензорских мрежа, са довољним нивоом детаља, тако да резултати одговарају стварним системима.

Резултати приказани у дисертацији и њихова експериментална верификација, имају директну примену на курсевима који се баве сензорским мрежама. Реализовани симулатор је у различитим облицима коришћен на лабораторијским вежбама и на пројектима из предмета Сензорске мреже на Електротехничком факултету у Београду.

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

Кандидат је приликом израде дисертације испољио изузетно познавање проблематике из области пројектовања симулатора бежичних сензорских мрежа. На основу прегледане докторске дисертације Комисија оцењује да је кандидат у потпуности способан за самостални научни рад, што је доказано и чињеницом да постоји већи број научних радова у којима се појављује као аутор, од којих су два рада објављена у часописима са SCI листе.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Допринос изложене докторске дисертације је у домену анализе и синтезе једног оваквог софтверског система, који треба да омогући симулацију рада бежичних сензорских мрежа. Као саставни делови дисертације садржани су следећи научни доприноси:

- Систематизација и класификација постојећих решења при пројектовању симулатора из области бежичних сензорских мрежа.
- Формирање методологије пројектовања симулатора бежичних сензорских мрежа на основу класификованих решења која су била примењена, која се примењују или које се могу применити у оквиру ове дисциплине.
- Као основни допринос је предлог и имплементација новог софтверског система који на једноставан начин треба да омогући креирање симулације бежичних сензорских мрежа способних за рад у едукационом окружењу. Систем обезбеђује подршку развоју и визуелну симулацију комплексног система сензорских мрежа до најнижег нивоа, као и могућности дизајна, користећи визуелни едитор, повезивања и симулације произвољних модула.
- Постављен је аналитички модел који описује понашање симулатора бежичних сензорских мрежа развијених према предложеној методологији приликом рада у едукационом окружењу.

#### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Увидом у постављене хипотезе, реализоване одлуке и добијене резултате, Комисија констатује да је кандидат успешно одговорио на постављена питања која су од значаја за решење постављених проблема. На основу предложене методологије је развијен симулатор бежичних сензорских мрежа. На основу евалуације резултата добијених током коришћења симулатора као један од закључака се издваја чињеница да се реализовани симулатор може користити у настави из наведене области. Такође, дисертација може допринети покретању развоја нових симулатора овога типа у оквиру других предмета, као и унапређењу размене знања уопштено. Коначно, дисертација може да буде од користи за будуће генерације студената докторских студија, инжењере, практичаре и истраживаче које интересује ова област и који желе да дају свој допринос.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат је објавио следеће радове који су у непосредној вези са докторском дисертацијом:

##### **1. Радови у часописима са импакт фактором (SCI листа)**

- 1.1. **M. Živković**, B. Nikolić, J. Protić, R. Popović, “A Survey and Classification of Wireless Sensor Networks Simulators Based on the Domain of Use”, Ad Hoc & Sensor Wireless Networks: An International Journal, Old City Publishing Inc, ISSN: 1551-9899 (print), Volume 20, Number 3-4, pp. 245-287, 2014, IF: 0,41
- 1.2. **M. Živković**, B. Nikolić, R. Popović “eWISENS – Educational Wireless Sensor Network Simulator”, International Journal of Engineering Education, DOI: 0949-149X/91, ISSN: 0949-149X, Vol. 30, No. 2, pp. 1-12, 2014, IF: 0,29

##### **2. Радови у зборницима радова међународних конференција**

- 2.1. I. Branović, R. Popović, N. Jovanović, R. Giorgi, B. Nikolić, **M. Živković**, “Integration of simulators in virtual 3D computer science classroom”, IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Istanbul, 2014
  - 2.2. **M. Živković**, I. Branović, D. Marković, R. Popović, “Energy Efficient Security Architecture for Wireless Sensor Networks”, 20. Telekomunikacioni forum TELFOR 2012, Beograd, 2012
  - 2.3. **M. Živković**, R. Popović, T. Tanasković, “Pregled komercijalno raspoloživih senzorskih platformi sa aspekta potrošnje energije”, 20. Telekomunikacioni forum TELFOR 2012, Beograd, 2012
  - 2.4. T. Živković, **M. Živković**, K. Algaddafi, I. Branović, R. Popović, “3D Virtual Laboratory for Wireless Sensor Networks”, 21. Telekomunikacioni forum TELFOR 2013, Beograd, 2013
  - 2.5. K. Algaddafi, **M. Živković**, I. Branović, R. Popović, “Internationalized Approach to Wireless Networks Simulation”, 21. Telekomunikacioni forum TELFOR 2013, Beograd, 2013
- 3. Радови у зборницима радова домаћих конференција**
- 3.1. T. Tanasković, **M. Živković**, “Aplikacija za praćenje aktivnosti mobilnih telefona u mobilnim mrežama - CellDetective”, 19. Telekomunikacioni forum TELFOR 2011, Beograd, 2011
  - 3.2. T. Tanasković, **M. Živković**, “Principi sigurnosti i zaštite web aplikacija”, 19. Telekomunikacioni forum TELFOR 2011, Beograd, 2011
  - 3.3. T. Tanasković, **M. Živković**, “Integracija bežičnih senzorskih mreža u cloud”, ETRAN 2012, Zlatibor, 2012

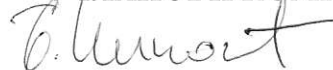
## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Дисертација кандидата дипл. инж. Миодрага Живковића, под насловом „Едукациони софтверски систем за симулацију рада бежичних сензорских мрежа“ представља оригиналан, савремен и значајан научни допринос. Текст дисертације написан је јасно и разумљиво и добро је организован кроз поглавља и одељке. Циљеви дисертације су јасно формулисани и мотивисани, а резултати истраживања систематски изложени, тако да се научни доприноси могу недвосмислено утврдити. У спроведеним истраживањима извршена је детаљна систематизација и класификација постојећих решења. Извршена је имплементација прототипа симулатора за бежичне сензорске мреже. Имплементирани су лабораторијске вежбе које покривају актуелне теме у овој области. Објављивањем резултата својих истраживања у истакнутим часописима од међународног значаја, кандидат је показао способност за самосталан научни рад, а доприноси истраживања добили адекватну потврду ваљаности.

Комисија констатује да дисертација садржи оригиналне научне доприносе, испуњава све законске, формалне и суштинске услове, као и све критеријуме који се уобичајено примењују приликом вредновања докторских дисертација на Електротехничком факултету у Београду. Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да се докторска дисертација под називом „Едукациони софтверски систем за симулацију рада бежичних сензорских мрежа“ кандидата дипл. инж. Миодрага Живковића прихвати, а кандидату одобри усмена одбрана.

У Београду, 23.06.2014.

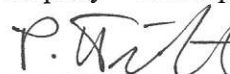
### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



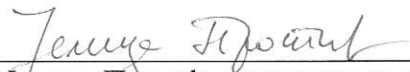
др Бошко Николић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Зоран Јовановић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Ранко Поповић, редовни професор  
Универзитет Сингидунум



др Јелица Протић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Душан Старчевић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Факултет организационих наука