

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>	
1.	Датум и орган који је именовео комисију Решењем бр. 012-199/99-2014 од 28. 05. 2015, декан Факултета техничких наука, проф. др Раде Дорословачки именовео је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.
2.	Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен: <ol style="list-style-type: none"> <li>др Мирјана Дамњановић, ванредни професор, ужа област Електроника, изабрана у звање 7. 11. 2011. године, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду,</li> <li>др Ласло Нађ, редовни професор, ужа област Електроника, изабран у звање 14. 11. 2013. године, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду,</li> <li>др Дејан Драјић, доцент, ужа област Телекомуникације, изабран у звање 30. 01. 2012. године, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду,</li> <li>др Јосиф Томић, ванредни професор, ужа област Електрична мерења, изабран у звање 20.06.2013.године, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду,</li> <li>др Дејан Убавин, доцент, ужа област Инжењерство заштите животне средине, изабран у звање 12.07.2012. године, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду,</li> <li>др Милош Живанов, редовни професор, ужа област Електроника, изабран у звање: 12.07.2004. године, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду.</li> </ol>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>	
1.	Име, име једног родитеља, презиме: Владимир Мирослав Рајс
2.	Датум рођења, општина, држава: 02.08.1982. Апатин, Србија
3.	Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет техничких наука, Нови Сад, Енергетика, електроника и телекомуникације, Дипломирани инжењер - мастер електротехнике и рачунарства
4.	Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2007. Енергетика, електроника и телекомуникације
5.	Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: (нема)
6.	Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: нема

### III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Методe праћења параметара животне средине базиране на паметним мерним системима

### IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикана и сл.

Дисертација има 142 стране, 7 поглавља, 92 референце, 15 слика, 8 табела, 58 шема и 42 графикана. Садржај дисертације:

#### 1. УВОД

1.1. Значај и потреба за удаљеним мерењима концентрације гасова и атмосферских услова

#### 2. АНАЛИЗА ПРОБЛЕМА

2.1. Поставка проблема

2.2. Предмет истраживања

2.2.1. Реализација мобилне и стационарне мерне станице

2.3. Преглед остварених резултата и релевантних истраживања

#### 3. ПРЕДЛОЖЕНА АРХИТЕКТУРА И РЕАЛИЗАЦИЈА СТАНИЦЕ ЗА МЕРЕЊЕ ПАРАМЕТАРА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

3.1. Напајање уређаја

3.1.1. Структура напајања уређаја

3.2. Главна плоча

3.2.1. Центар система за прикупљање података

3.2.2. Центар система за складиштење података

3.2.3. Центар система за слање података. GSM/GPRS пренос података

3.3. Сензорски блок

3.3.1. Каталитички сензори

3.3.2. Електрохемијски сензори

3.3.3. Сензори базирани на апсорпцији инфрацрвених зрака

3.3.4. Сензори базирани на принципу полупроводничке детекције

3.3.5. Преглед избора гасних сензора на основу принципа и услова рада

3.3.6. Сензор температуре и релативне влажности ваздуха

3.3.7. Сензор за атмосферски притисак

3.3.8. Сензор за детекцију угљен-моноксида

3.3.9. Сензор за детекцију угљен-диоксида

3.3.10. Сензор за детекцију азот-диоксида

3.3.11. Сензор за детекцију сумпор-диоксида

3.3.12. Сензор за детекцију озона

3.3.13. Сензор за детекцију азот-моноксида

3.4. Алгоритам рада уређаја и приказ података

3.4.1. Алгоритам рада уређаја

#### 4. МЕТОДЕ ОБРАДЕ ПОДАТАКА

4.1. Регресиона и корелациона анализа

4.2. Испитивање међусобне зависности измерених концентрација CO и NO<sub>2</sub> применом метода математичке статистике

4.3. Естимације концентрације гасова на одређеној територији коришћењем метода математичке статистике

4.4. Предикција параметара животне средине коришћењем ARMA модела

4.5. Дискусија добијених резултата

#### 5. ЗАКЉУЧАК

#### 6. ПРИЛОЗИ

6.1. Прилог 1: Калибрација сензора

6.2. Прилог 2: HTML код приказа концентрација гасова на географској мапи

#### 7. ЛИТЕРАТУРА

## V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У дисертацији је кроз седам поглавља дат опис конкретних активности за унапређење праћења стања животне средине, које се базирају на научној основи. У поглављу под називом АНАЛИЗА ПРОБЛЕМА презентована је поставка проблема које урбано друштво има са квалитетом животне средине. У овом делу описан је главни мотив и презентован конкретан предмет истраживања дисертације, постављене су конкретне хипотезе и дат је преглед досада остварених научних и техничких резултата и релевантних истраживања.

Главни мотив истраживања је био дати на што јефтинији и ефикаснији начин преглед стања параметара животне средине у индустријски развијеним срединама. На основу тога, направљене су универзалне станице за праћење параметара животне средине у градској средини које могу бити инфилтриране у већ постојеће градске инфраструктуре. Детаљан опис и архитектура универзалне станице која представља основу за научна истраживања дата је у поглављу ПРЕДЛОЖЕНА АРХИТЕКТУРА И РЕАЛИЗАЦИЈА СТАНИЦЕ ЗА МЕРЕЊЕ ПАРАМЕТАРА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ. Универзалне станице су коришћене као мобилне или стационарне станице за прикупљање података о тренутним вредностима параметара животне средине. У овом поглављу, описани су сензори за праћење параметара животне средине и презентована је њихова конкретна улога у целом систему.

У четвртном поглављу, под називом МЕТОДЕ ОБРАДЕ ПОДАТАКА, детаљно је описан математички апарат и начин на који су доказане следеће хипотезе:

- у устаљеним и споропроменљивим условима могуће је смањити број мерних станица за приказ стања параметара животне средине (Наиме, коришћењем података добијених са покретне мерне станице и одговарајућег регресионог модела могуће је приказати концентрације гасова на територији једног града. Као пример је посматран град Панчево.);
- смањење броја сензора на мерној станици на основу постојања функционалне зависности између концентрација гасова угљен-моноксида и азот-диоксида када потичу из истог извора;
- предикција параметара животне средине коришћењем ауторегресивног модела помичних средина са спољашњом побудом (*Autoregressive–Moving-Average*) тзв. ARMA модела.

На крају поглавља дата је дискусија добијених резултата.

Највећу вредност докторске дисертације представља оригинални научни допринос у виду развијене методе за праћење параметара животне средине, која обухвата прикупљање и обраду података. Овај научни допринос представљен је као производ експерименталног и теоријског истраживања.

У поглављу ЗАКЉУЧАК истакнут је научни допринос ове дисертације и дат преглед могућности за унапређење система. У поглављу ПРИЛОГ детаљније су објашњене поједине анализе и дата појашњења за делове који нису конкретно предмет истраживања, а у вези су са самом дисертацијом.

У поглављу ЛИТЕРАТУРА дат је преглед коришћене литературе.

## VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Рад у међународном часопису (M23)

- 1) **V. Rajs**, Ž. Mihajlović, V. Milosavljević, S. Krčo, D. Drajić, B. Pokrić: "Realization of Instrument for Environmental Parameters Measuring", *Elektronika ir Elektrotehnika*, vol. 20, no. 6, pp. 61-66,

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

- 1) J. Tomić, M. Kušljević, M. Vidaković, **V. Rajs**: “Smart SCADA system for urban air pollution monitoring“, Measurement, vol. 58, no. 5, pp. 138–146, December 2014, ISSN: 0263-2241

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

- 1) Ž. Mihajlović, V. Milosavljević, N. Maoduš, **V. Rajs**, Đ. Obradović, M. Živanov: “Mobile System for Monitoring of Gas Emission on Landfill Sites“, 11. International Conference on Development and Application Systems (DAS), Suceava: University "Stefan Cel Mare", 17–19 maj, 2012, pp. 111–114, ISBN: 1844-5039
- 2) Ž. Mihajlović, V. Milosavljević, N. Maoduš, **V. Rajs**, M. Slankamenac, M. Živanov: ”System for Monitoring Concentration of NO<sub>2</sub> and CO Gasses on Landfill Sites” , 35. Microelectronics, Electronics and Electronic Technology – MIPRO, Opatija: MIPRO Croatian Society, 21–25 maj, 2012, pp. 189-192, ISBN 978-953-233-069-4
- 3) V. Milosavljević, Ž. Mihajlović, **V. Rajs**, M. Živanov: “Realisation of Soil Humidity Sensor Using Specialized Embedded System”, 16. International Symposium on Power Electronics – Ee, Novi Sad: Power Electronics Society, Electrotechnical Institute "Nikola Tesla", Faculty of Technical Sciences, 2011, pp. 1–4, ISBN 987-86-7892-356-2
- 4) Ž. Mihajlović, **V. Rajs**, V. Milosavljević, M. Živanov: “Solution for Monitoring of Carbon Monoxide with Early Warning System”, 16. International Symposium on Power Electronics – Ee, Novi Sad: Power Electronics Society, Electrotechnical Institute "Nikola Tesla", Faculty of Technical Sciences, 2011, str. 1–5, ISBN 987-86-7892-356-2
- 5) **V. Rajs**, V. Milosavljević, Ž. Mihajlović, M. Živanov: “Wireless System for Monitoring of Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide in the Air”, PSU-UNS Inter. Conf.e on Engineering and Technology - ICET, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, 2013, str. 1–3, ISBN 978-86-7892-510-8
- 6) Ž. Mihajlović, V. Milosavljević, **V. Rajs**, M. Živanov: “Remote Environmental Monitoring System for Application in Industry and Landfill Sites”, Mediterranean Conference on Embedded Computing – MECO, Budva: University of Montenegro, pp. 64-67, 2013, ISBN 978-8840-9436-1-5
- 7) Ž. Mihajlović, Z. Radmilović, V. Milosavljević, **V. Rajs**, M. Živanov: “Implementation of Remote Environmental Monitoring System using RF Modules with Secure Communication between Devices”, Mediterranean Conference on Embedded Computing - MECO, Bar: University of Montenegro, pp. 54-57, 2012, ISBN 978-9940-9436-0-8

Рад у научном часопису (M53)

- 1) V. Rajs, Ž. Mihajlović, V. Milosavljević, L. Nađ, M. Živanov: “Podešljivi stabilizator napona na autobusima gradskog prevoza”, Energija, ekonomija, ekologija, no. 3, pp. 311–314, 2012, ISSN 0354-8651, UDK: 629.114.53.02/07
- 2) V. Rajs, M. Slankamenac, V. Milosavljević, M. Živanov: “Idejno rešenje sistema za kontrolu rada DC motora putem SMS-a korišćenjem Simens ES 75 modema”, Energetika (List Saveza energetičara „Energija, ekonomija, ekologija“), vol. 10, no. 3, str. 49–51, Zlatibor, Srbija 2008, UDK 621.313.2 : 621.317.7, ISSN: 0354-8651

Саопштења са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

- 1) **Rajs V.**, Milosavljević V., Slankamenac M.: A microcontroller system with GSM, 6. Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH-JAHORINA, Jahorina, 28-30 mart, 2007, str. 630–634, ISBN 99938-624-2-8
- 2) **Rajs V.**, Mihajlović Ž., Milosavljević V., Živanov M.: Određivanje sumpor dioksida SO<sub>2</sub> u vazduhu na principu elektrohemijske detekcije, 11. Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH-JAHORINA, Jahorina, 21–23 mart, 2012, str. 21–24, ISBN 978-99938-624-8-2
- 3) **V. Rajs**, V. Milosavljević, Ž. Mihajlović, M. Živanov: “Merenje temperature, relativne vlažnosti vazduha i atmosferskog pritiska”, Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH-JAHORINA,

Jahorina, No. 12, str. 54–59, mart, 2013, ISBN 978-99955-763-1-8,

- 4) Tomić J., **Rajs V.**, Milosavljević V., Mihajlović Ž., Živanov M.: Realizacija instrumenta za merenje parametara životne sredine, ETRAN (57; Zlatibor, 2013)

Нови производ или технологија, уведени у производњу - међународни ниво (M81)

- 1) Rajs V., Milosavljević V., Mihajlović Ž., Živanov M., Krčo S., Slavković M.: EKOBUS600-sistem za GPS praćenje autobusa i monitoring atmosferskih uslova i štetnih gasova, 2013

Прототип, нова метода, софтвер стандардизован или атестиран инструмент (M85)

- 1) Tomić J., Kušljević M., Rajs V., Milosavljević V., Mihajlović Ž.: Realizacija udaljene merne stanice za praćenje parametara životne sredine, str. 1–8, Izdavač: Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Мотивација за рад на ову тему настала је на основу тога што се у савременом свету параметри животне средине мењају и све чешће нису у складу са прописаним вредностима, поготово у индустријски развијеним градовима и њиховим појединим индустријским зонама. Зато су, као један од резултата истраживања, направљене мерне станице које прате параметре животне средине.

У доступној научној литератури постоји више предложених архитектура мерних станица. Поједине архитектуре су анализиране у дисертацији и на основу анализе предложена је архитектура универзалне мерне станице, која може бити мобилна или стационарана, по потреби. На основу тог предлога направљено је 6 станица које су биле основа за експериментално истраживање. Операције које врши мерна станица у оквиру праћења параметара животне средине су следеће:

- мерење амбијенталне температуре,
- мерење ваздушног притиска,
- мерење влажности ваздуха,
- мерење концентрације сумпор-диоксида,
- мерење концентрације угљен-диоксида,
- мерење концентрације угљен-моноксида,
- мерење концентрације азот-моноксида,
- мерење концентрације азот-диоксида,
- мерење концентрације озона,
- одређивање позиције путем глобалног система са позиционирање – *GPS (Global Signal position)*.

Основни резултат истраживања представљен у овој дисертацији је доказ следећих хипотеза на основу података добијених са мерних станица и коришћењем метода које се заснивају на математичкој статистици:

- постојање функционалне зависности између концентрација гасова угљен-моноксида и азот-диоксида који потичу из истог извора са коефициентом корелације преко 0,7
- коришћењем метода предикције, помоћу регресионог модела – интерполације и екстраполације, могуће је смањити број мерних станица за мерење параметара животне средине. Наиме, коришћењем интерполационих кривих, могуће је на територији једног града у устаљеним и споропроменљивим условима приказати естимације концентрација гасова на основу података са покретне мерне станице
- коришћењем *ARMA* модела, који користи историјске податаке концентрација гасова на одређеној територији могуће је предвидети вредности истих у будућности

Логичке последице доказаних хипотеза могу се описати на следећи начин:

- Постојање функционалне зависности између концентрација гасова угљен-моноксида и азот-диоксида доводе до уштеде једног сензора на самој мерној станици, а коришћењем

<p>покретне мерне станице уз одговарајуће методе обраде и приказа података доводе до уштеде на броју мерних станица приликом приказа стања параметара животне средине једне области. Међутим, ако нам је битна тачна вредност концентрације гасова уз претпоставку да узорке добијамо са покретне мерне станице које се крећу по кружним путањама морамо поставити стационарне станице у близини највећих извора гасова. Ове стационарне станице би пратиле нагле промене концентрација гасова.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ако нам нису битне тачне концентрације гасова онда се можемо фокусирати на саму корелацију концентрација гасова. Корелација ће се нарушити само у случају да се појави додатни извор једног од гасова. На тај начин се може детектовати нови извор гаса.</li> </ul>
<p><b>VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА</b>  Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.</p>
<p>Тумачење добијених резултата је јасно и прегледно. Формирани закључци у раду су поткрепљени одговарајућим теоријским анализама и резултатима мерења, добијеним из сопствених експерименталних истраживања. Резултати су приказани исцрпно и прегледно, уз навођење претходних истраживачких резултата у овој области.</p>
<p><b>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p>
<p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме  Да, дисертација је у целини написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме</p>
<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе  Да. Дисертација садржи све битне елементе.</p>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци</p> <p>Оригинални научни допринос докторске дисертације чине докази хипотеза на основу експерименталног и теоријског истраживања. Све теоријске хипотезе које су постављене, доказане су на основу података добијених путем експеримента и одговарајућег математичког модела:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• постојање функционалне зависности концентрација гасова угљен-моноксида и азот-диоксида који потичу из истог извора, доказано је на основу података са више стационарних и мобилних мерних станица; израчунат коефицијент корелације је преко 0,7, ниво сигурности износи 99,9%, тј. вероватноћа грешке је <math>P &lt; 0,001</math> за сваки вршени експеримент,</li> <li>• на основу података са покретних мерних станица које се налазе на градским аутобусима и одговарајућег регресионог модела приказана је естимација концентрације гасова на територији једног града у устаљеним и споропроменљивим временским условима ,</li> <li>• доказано је да се коришћењем APMA модела, који користи историјске податаке концентрација гасова са мерних станице могуће је предвидети вредности истих у будућности. Вероватноћа да су израчунати подаци тачни износи 95,75%.</li> </ul>
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања  У дисертацији нису уочени значајни недостаци који би утицали на резултат истраживања уз напомену да су покретне мерне станице коришћене само у граду Панчеву. Због тога је дата естимација концентрације гасова дата само на територији града Панчева.</p>

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
- да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана
Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију под насловом „Методe праћења параметара животне средине базиране на паметним мерним системима“ и предлаже да се Извештај о оцени докторске дисертације прихвати, а кандидату одобри одбрана.

#### ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

1. Др Мирјана Дамњановић, ванредни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, председник

---

2. Др Ласло Нађ, редовни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

---

3. Др Дејан Драјић, доцент,  
Електротехнички факултет, Београд, члан

---

4. Др Дејан Убавин, доцент  
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

---

5. Др Јосиф Томић, ванредни професор  
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

---

6. Др Милош Живанов, редовни професор  
Факултет техничких наука, Нови Сад, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.