

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију 30. 04. 2015. Наставно Научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <p>др Бранко Ковачевић, редовни професор, УНО: аутоматика и управљање системима, датум избора у звање: 12. 09. 1995, ЕТФ Београд, председник комисије</p> <p>др Филип Кулић, редовни професор, УНО: аутоматика и управљање системима, датум избора у звање: 12. 09. 2013, ФТН Нови Сад, члан комисије</p> <p>др Дубравка Бојанић, доцент, УНО: аутоматика и управљање системима, датум избора у звање: 12. 07. 2012, ФТН Нови Сад, члан комисије</p> <p>др Милан Рапаић, доцент, УНО: аутоматика и управљање системима, датум избора у звање: 07. 10. 2011, ФТН Нови Сад, члан комисије</p> <p>др Зоран Јеличић, редовни професор, УНО: аутоматика и управљање, датум избора у звање: 20. 06. 2013, ФТН Нови Сад, ментор</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Милена, Радиша, Петковић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 04.06.1982. Пожаревац, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет техничких наука, Рачунарство и аутоматика, дипломирани инжењер електротехнике - мастер</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2006. Рачунарство и аутоматика</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:</p>
<p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>Пројектовање, развој и имплементација експертског система за брзу детекцију и изолацију нежељених стања динамичких система</p>

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Дисертација поседује следећа поглавља:

1. Увод (стр. 1-4)
2. Основни појмови у области детекције и изолације нежељених стања динамичких система (стр. 5-31)
3. Прилагодљиви поступак за груписање и разврставање података у реалном времену (стр. 32-51)
4. Прилагодљиви експертски систем за брзу детекцију и изолацију нежељених стања динамичких система (стр. 52-67)
5. Експериментална верификација (стр. 68 -82)
6. Примери практичне примене предложеног експертског система за праћење индустријских процеса (стр. 83-114)
7. Закључак(стр. 115-116)

Библиографија (стр. 117-122)

Дисертација садржи: 125 страна, 7 поглавља, 78 цитата и 51 слику.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У првом поглављу дисертације јасно су приказани и образложени основни циљеви рада. Рад је у целини посвећен проблему ране и брзе детекције и изолације нежељених стања динамичких система, са посебним нагласком на рано откривање различитих неправилности у раду и кварова индустријских процеса.

У другом поглављу концизно су приказани основни појмови и дефиниције из области детекције и изолације стања динамичких процеса. Како је у питању широка области, у којој се паралелно јавља велики број методологија, кандидаткиња је посветила посебну пажњу сажимању расположиве литературе у циљу прецизне дефиниције основних појмова који су од посебне важности за њена истраживања. Овај део рада је веома разумљиво, може се рећи и едукативно написан, те је вредан и сам по себи, као јасан и прегледан увод у ову широку и веома атрактивну област савремене теорије управљања. Основне особине формализама детекције каврова су пажљиво објашњене као увод у следеће поглавља. .

У трећем одељку приказан је оригиналан поступак за прилагодљиво груписање и разврставање података. Приказани алгоритам је научно и стручно верификован низом радова у научним часописима и излагањима на научним и стручним скуповима, где се обично јавља под енглеским акронимом PBRC (Potential Based Recursive Clustering). Два основна својства приказаног алгоритма су способност аутоматског проширивања скупа кластера у односу на које се врши груписање, те лака могућност имплементације у условима који захтевају ефикасно израчунавање и мало заузеће меморије, тј. условима које намеће рад у реалном времену. Податке који се класификују алгоритам захтева секвенцијално, један-по-један, а у свом раду не захтева постојање обједињене базе података која би чувала комплетан улазни низ. У рачунском смислу, алгоритам захтева само мали број елементарних рачунских операција над улазним подацима. Приказане особине чине алгоритам погодним за имплементацију на савременим хардверским платформама различитог степена сложености. По својој структури, PBRC алгоритам се може схватити као само-обучавајућа и само-растућа вештачка неуронска мрежа са радијалним базним функцијама (RBF-мрежа). База знања самог алгоритма фактички је дефинисана неуронима скривеног слоја ове мреже. При томе, приликом иницијализације, алгоритам се може стартовати било са празном базом знања, односно без и једног скривеног неурона, било са произвољним бројем претходно дефинисаних неурона скривеног слоја. На овај начин, алгоритам је посебно прикладан за употребу у оквиру различитих експертских система, с обзиром да постоји једноставан и јасан поступак на који се експертско знање инкорпорира у поступак.

У четвртом одељку приказан је експертски систем за рану детекцију нежељених стања динамичких процеса заснован на PBRC алгоритму. За ово решење предложен је енглески акронимом SAMS (Self-Adaptive Monitoring System). Основне компоненте овог експертског система су генератор својстава, база експертског знања и PBRC класификатор. Услед своје модуларне структуре, овај експертски систем се лако прилагођава различитим применама. Генератор својстава има улогу трансформатора мерених величина. Различите примене захтевају различите трансформација, те је стога сам генератор својстава издвојен као посебна и засебно имплементирана компонента SAMS система. Адаптивност SAMS система обезбеђује PBRC алгоритам својом способношћу да аутоматски адаптира и проширује базу знања. Коначно, у овом одељку приказана је и предложена архитектура софтверског система који имплементира SAMS алгоритам.

Пети одељак је у потпуности посвећен верификацији предложеног система у контролисаним, лабораторијским условима. Сви експерименти вршени су у лабораторијама Одсека за аутоматику, геоматику и управљање системима на примеру пнеуматског пилот-постројења, које је у раду детаљно приказано. Резултати ових експеримената недвосмислено показују ефикасност предложених поступака. Конкретно, у свим експериментима SAMS систем је иницијализован са потпуно празном базом знања, а до краја експеримената је успео да научи да препозна низ радних стања, те да детектује прелазе система из једног радног стања у друго.

У шестом одељку приказани су примери практичне примене SAMS система у три различита погона

фабрике за прераду уља Victoria Oil из Шида и Термоелектране-топлане Костолац. У првом примеру описан део погона за прераду уља у коме се сунцокретово уље загрева помоћу водене паре. Проблем који се јавља у овом делу процеса јесте нестанак напајања на вентилу који је управљан ПИД регулатором. Када се систем налази у овом радном стању вентил се потпуно затвара без обзира на вредност управљачког сигнала. Предложени експертски систем успешно детектује појаву оваквог радног режима као и повратак у номинални радни режим. Други пример јесте пример праћења промене параметара динамичког процеса у делу погона за екстракцију фабрике за прераду уља. Конкретно, посматрана је температура водене паре и хексана као растварача на излазу из дела за десолвентизацију са и уласку у филтер за пречишћавање. Овај филтер налази се у ех-зони услед чега је важно посматрану температуру држати и дозвољеним границама. На температуру утиче количина водене паре која се контролише уз помоћ вентила али и количина и квалитет сачме која се допрема у десолвентизер. У овом примеру SAMS се показао веома ефикасан за праћење овог сложеног процеса и рану детекцију нежељених радних стања. У трећем примеру предложени експертски систем за брзу детекцију и изолацију нежељених стања динамичких система примењен је у делу погона термоелектране Костолац Б. Описан је део процеса у коме се налази вентилаторски млин.

Последње, 7. поглавље рада чини закључак у коме прегледно сажети основни резултати и закључци рада.

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

1. **Petkovic M**, Rapaic M., Jelacic Z., Pisano A. *On-line adaptive clustering for process monitoring and fault detection* Expert Systems With Applications. Vol. 39, n. 11, pp. 10226- 10235, 2012.
2. Milan R. Rapaic, **Milena Petkovic**, Zoran D. Jelacic, and Alessandro Pisano, *An Adaptive Clustering Procedure with Applications to Fault Detection*, ELECTRONICS, VOL. 15, NO. 2, DECEMBER 2011
3. Željko Kanović, Dragan Matić, Zoran Jeličić, **Milena Petković**, “*Induction Motor Fault Diagnosis Based on Vibration Analysis – a Case Study*“ Journal on Processing and Energy in Agriculture, Volume 17, br. 1, str. 47-50, 2013. ISSN 1821-4487, 2013
4. Filip Kulić, Željko Kanović, **Milena Petković**, Dragan Matić, “*Expert System for Induction Motor Fault Detection*“, Journal on Processing and Energy in Agriculture, Volume 14, No. 4, 2010, 173-177.
5. Milan R. Rapaic, **Milena Petković**, Zoran D. Jeličić *Prilagodljivi postupak za grupisanje podataka sa primenama u otkrivanju grešaka u radu industrijskih procesa*, ETRAN 55, Teslić, Bosna i Hercegovina, jun 2011
6. Milan Rapaic, Željko Kanović, **Milena Petković**, Boris Jakovljević, Zoran Jeličić, “*An overview model- based fault detection in process industry*“, IEEP 2010, Zlatibor.
7. **Milena Petković**, Boris Jakovljević, Željko Kanović, Dušan Petrovački, Milan Rapaic, “*Expert systems for fault detection and isolation in process industry*“, IEEP 2010, Zlatibor.
8. **Milena R. Petković**, Boris B. Jakovljević *Detekcija grešaka u radu sistema primenom Support Vector Machines klasifikatora*, Zbornik radova 53. konferencije ETRAN, Vrnjačka Banja, 15-18. 06.2009, ISBN 978-86-80509-64-8
9. Boris Jakovljević, Željko Kanović, Zoran Jeličić, **Milena Petković**, Milan Rapaic, “*Induction*

motor fault detection using vibration analysis – a review“, IEEP 2010, Zlatibor.

10. Željko Kanović, Zoran Jeličić, Boris Jakovljević, **Milena Petković**, Milan Rapaić, “*A concept of expert system for induction motor fault detection based on support vector machines*“, IEEP 2010, Zlatibor.

Из шире области дисертације, кандидат је објавио и следеће научне и стручне радове:

1. Atanackovic, T.M., Jakovljevic, B.B., **Petkovic, M.R.** **On the optimal shape of a column with partial elastic foundation**, European Journal of Mechanics A/Solids (2009), doi:10.1016/j.euromechsol.2009.08.003
2. **Milena R. Petković**, Milan R. Rapaić, Boris B. Jakovljević, *Energy Consumption Forecasting in Process Industry Using Support Vector Machines and Particle Swarm Optimization*, WSEAS TRANSACTIONS on INFORMATION SCIENCE and APPLICATIONS, ISSN: 1790-0832 Issue 11, Volume 6, November 2009, pp 1761-1770
3. **Milena Petrujkić**, Milan R. Rapaić, Boris Jakovljević, Vesna Đačić, *Electric Energy Forecasting in Crude Oil Processing using Support Vector Machines and Particle Swarm Optimization*, Proceedings of NEUREL 2008, IEEE Catalog Number CFP08481-PRT, ISBN 978-1-4244-2903-5, Belgrade, Serbia, pp. 77-80.
4. Željko Kanović, Zoran Jeličić, Milan Rapaić, Boris Jakovljević, **Milena Petković** “*An Application for Induction Motor Fault Detection Based on Vibration Analysis and Support Vector Machines*“, 24th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems- ECOS 2011, Novi Sad 4-7. July 2011, p. 1827-1836. ISBN: 978-86-6055-016-5
5. Milan R. Rapaić, Zoran D. Jeličić, **Milena Petković**, Alessandro Pisano *Jednovremena prilagodljiva procena parametara integratora necelog reda*, ETRAN 56, Zlatibor, Srbija, 11-14 Jun 2012
6. **Milena R. Petković**, Željko Kanović, Boris Jakovljević, Stevan Dragosavljević, “*Otkrivanje oralnih lezija na intraoralnim RTG snimcima primenom veštačke inteligencije*“, LIV ETRAN, Donji Milanovac 2010 sveska I, AU 4.2.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

- Рад је у потпуности посвећен пројектовању, развоју и имплементацији експертског система за рану детекцију и изолацију кварова. Суштински рад има три целине, у оквиру прве разматра се један оригиналан алгоритам за прилагодљиво груписање и разврставање података (PBRC). Овај алгоритам представља основу ново предложеног експертског система (SAMS), који је обogaћен са базом знања и генератором својстава, ово чини другу целину рада. Трећа целина је посвећена практичној имплементацији експертског система на тест постројењима и у индустрији
- Детаљно је приказан PBRC алгоритам, како теоријске основе овог поступка тако и могућности његове практичне имплементације. Сам алгоритам је замишљен и пројектован да задовољи два основна својства система за детекцију кварова, а то су адаптивност и једноставност имплементације за рад у реалном времену. Ове особине нису, према нашим најбољим сазнањима, биле фокус истраживања до сада. Особине адаптивности, у смислу могућности самопроширивања скупа кластера, је недовољно истраживана у области од интереса, те ово решење поред једноставне структуре представља један од основних доприноса рада.
- Предложено је, односно пројектовано и имплементирамо једно решење експертског система (SAMS), које у основи има PBRC алгоритам. Ово адаптивно решење, по кључној особини PBRC алгоритма, чак не тражи ни претходно попуњену базу знања, већ може да је допуњује током рада самог процеса, а у складу са његовим обележјима. Предложено решење је награђено на стручном такмичењу као најбољ у југоисточној Европи.
- Приказана је практична примена експертског система на лабораторијском тест постројењу и на два индустријска система: фабрика уља Victoria Oil из Шида и Термоелактран-топлане Костолац. Поред разноврсности самих процеса, у складу са техничким могућностима крајњих корисника, разликује се и сам начин имплементације. Односно, негде је решење имплементирано као да софтвера за управљање на најнижем хијерархијском нивоу на процесним рачунарима, а у другом случају као део система за надзор. Ова врста прилагодљивости је маркантна особина предложеног експертског система.
- Основни резултати тезе научно су верификовани публикацијама у водећим међународним часописима и саопштењима на међународним конференцијама, као и у практичној индустријској примени.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Резултати добијени истраживањима приказани су јасно и прегледно. Резултати су верификовани кроз низ нумеричких симулација, низ експериената вршених у контролисаним лабораторијским условима, као и већим бројем практичних примера. Резултати ових примера су јасно објашњени и коректно тумачени.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.
2. Дисертација садржи све битне елементе

3.	По чему је дисертација оригиналан допринос науци
	Оригиналан допринос науци ове дисертације се манифестује првенствено у следећем:
	<ul style="list-style-type: none"> Предложен је оригиналан и верификовани алгоритам за рану детекцију и изолацију каврова (PBRC). Основне особине алгорита су адаптивност, која даје могућност самопроширења броја кластера, односно радних режима. Структура алгоритма је таква да дозвољава имплементацију у реалном времену Приказано је оригинално и научно-стручно верификовано решење модуларног експертског система, које у основи има PBRC алгоритам. Ово решење обухвата у себи генератор својстава, базу знања и сам PBRC. Његово пројектовање не захтева претходно познавање пуне динамике процеса, а могуће је имплементације на различитим хијерархијским нивоима система аутоматског управљања.
4.	Нису уочени ни суштински ни формални недостаци
X	ПРЕДЛОГ:
	На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
-	да се докторска дисертација прихвати, а кандидату Милени Петковић одобри одбрана

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Др Бранко Ковачевић, редовни професор, председник

Др Филип Кулић, редовни професор, члан

Др Дубравка Бојанић, доцент, члан

Др Милан Рапаић, доцент, члан

Др Зоран Јеличић, редовни професор, 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.