

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ			
ПРИМЉЕНО 11. 01. 2013			
Орг. јед.	Број	Прилог	Страна
01-1/49			

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА**

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Дејана Петровића, дипл. маш. инж.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, број 01-1/3401-4, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Дејана Петровића, дипл. маш. инж. под насловом:

**Моделирање самовезујућих материјала применом методе дисипативне
честичне динамике и паралелизација програмског кода**

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја о подобности кандидата и теме за докторску дисертацију која је одобрена за израду одлуком Факултета инжењерских наука у Крагујевцу бр. 01-1/1002-5 од 20.04.2012. године, а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

**1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног
стања у одређеној научној области**

Докторска дисертација кандидата Дејана Петровића, дипл. маш. инж. под насловом „Моделирање самовезујућих материјала применом методе дисипативне честичне динамике и паралелизација програмског кода“ представља резултат научно-истраживачког рада кандидата у актуелној научној области која се односи на проблеме моделирања самовезујућих материјала честичним методама, где процес и врста самозаштите зависе од величине оштећења који се догодио материјалу. Са аспекта истраживачке области и добијених резултата, ова дисертација представља јединствени научни рад на националном нивоу, при чему одређени број елемената, приступа и резултата има општи научни значај.

Кандидат је извршио анализу и систематизацију постојећих знања из поменуте области, изложио концепт заштите помоћу самовезујућих материјала и верификовао коришћену методу са сродним честичним методама. На основу изложеног концепта кандидат је предложио решења за моделирање самовезујућих материјала и убрзавање самог процеса симулације коришћењем паралелних алгоритама. Предложена решења, која се односе на заштиту материјала, се базирају на моделима „self – healing“ – а и инхибиције, у зависности од величине насталог оштећења, где се за мања оштећења

настала на материјалу примењује „self – healing“, а за већа метод инхибиције. Убрзавање самог процеса симулације се огледа у паралелизацији кода коришћењем архитектуре са дистрибуираном и дељеном меморијом где је кандидат изнео предности и мане обе поменуте методологије.

Резултати и закључци ове дисертације отварају простор и правце за даља истраживања у овој научној области и за унапређење предложених решења. По мишљењу комисије, дисертација са становишта развоја интердисциплинарних наука у Србији има посебан значај као једно од првих писаних дела из све актуелније области заштите самовезујућих материјала.

2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Дејана Петровића, дипл. маш. инж. под насловом „Моделирање самовезујућих материјала применом методе дисипативне честичне динамике и паралелизација програмског кода“ представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је веома актуелна и значајна за развој науке у области нумеричких метода, биоинжењеринга и савремених материјала. Кандидат је тему обрадио студиозно и детаљно, користећи при томе теоријске основе научних дисциплина релевантних за ову проблематику. Критички су вредновани и анализирани бројни научни и стручни извори који се односе на област самовезујућих материјала.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

Кандидат Дејан Петровић, дипл. маш. инж. уписао је Машински факултет у Крагујевцу (сада Факултет инжењерских наука) школске 2002/03. године. Дипломирао је на смеру Информатика у инжењерству 04.10.2007. године, са средњом оценом током студија 9.03 и оценом 10 на дипломском раду. У току основних студија био је добитник више награда за остварен успех.

Докторске студије на Машинском факултету у Крагујевцу (сада Факултет инжењерских наука) је уписао школске 2008/09. године и положио је све предвиђене испите са просечном оценом 10, чиме је и испунио један од услова за пријаву и одбрану ове докторске дисертације. У току докторских студија на Факултету инжењерских наука био је ангажован као сарадник у настави на предметима: Рачунарски алати, Програмски језици, и Електротехника са електроником.

Од 05.10.2007. године ради као истраживач сарадник у Истраживачко-развојном центру за биоинжењеринг БиоИРЦ, у Крагујевцу. Више пута је боравио на Одељењу за процену и управљање ризиком Штајнбајс универзитета у Штутгарту (*Steinbeis Advanced Risk Technologies*), ради бољег разумевања методе заштите самовезујућих материјала и моделирања истих.

Учествовао је у реализацији 3 домаћа и 2 међународна пројекта. Као коаутор и аутор објавио је 18 научних и стручних радова у домаћим и међународним часописима, као и на међународним скуповима, и то:

Рад у међународном часопису, [M23]:

1. Filipovic N., Jovanovic A., **Petrovic D.**, Obradovic M., Jovanovic S., Balos D., Kojic M., Modelling of self-healing materials using discrete and continuum methods, *Surface Coatings International*, Vol. 95, No. 2, pp. 74-79, ISSN 1754-0925, 2012.
2. Krsmanovic Dejan, Koncar Igor, Davidovic Lazar, **Petrovic Dejan**, Milasinovic Danko and Filipovic Nenad, Computer Modeling of Maximal Displacement Forces in Endoluminal Thoracic Aortic Stent-Graft, *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, DOI 10.1080/10255842.2012.735661

Рад у часопису националног значаја, [M52]:

1. N. Filipovic, M. Rosic, V. Isailovic, Z. Milosevic, D. Nikolic, D. Milasinovic, M. Radovic, B. Stojanovic, M. Ivanovic, I. Tanaskovic, I. Saveljic, M. Milosevic, **D. Petrovic**, M. Obradovic, E. Themis, A. Sakellarios, P. Siogkas, P. Marraccini, F. Vozzi, N. Meunier, Z. Teng, D. Fotiadis, O. Parodi, M. Kojic, ARTREAT project: computer, experimental and clinical analysis of threedimensional plaque formation and progression in arteries, *Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics*, Vol. 5, No. 2, pp. 129-146, UDC 616.13-004:004.925.84, ISSN 1820-6530, COBISS.SR-ID 145567756, 2011.

Рад у научном часопису, [M53]:

1. N. Filipovic, **D. Petrovic**, A. Jovanovic, S. Jovanovic, D. Balos, M. Kojic, DPD Simulation of Self-Healing Process of Nanocoating, *Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics*, Vol. 2, No. 2, pp. 42-50, UDC 519.876.5:621.89, ISSN 1820-6530, 2008.
2. M. Tošovic, M. Radovic, **D. Petrovic**, D. Milašinovic, G. Devedžic, V. Rankovic, N. Filipovic, Mining Data from Hemodynamic Simulations for Human Aorta, *Transactions on Internet Research*, Vol. 7, No. 2, ISSN 1820-4503. 2011. <http://www.internetjournals.net/journals/tar/2011July/p15.pdf>
3. N. Filipovic, M. Radovic, V. Isailovic, Z. Milosevic, D. Nikolic, I. Saveljic, M. Milosevic, **D. Petrovic**, M. Obradovic, D. Krsmanovic, E. Themis, A. Sakellarios, P. Siogkas, P. Marraccini, F. Vozzi, N. Meunier, Z. Teng, D. Fotiadis, O. Parodi, M. Kojic, Plaque formation and stent deployment with heating thermal effects in arteries, *Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics*, Vol. 6, No. 1, pp. 11-28, UDC: 004.921 ; 616.13-004.6-073, ISSN 1820-6530, 2012.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини, [M33]:

1. **D. Petrovic**, MODELING OF NANOCOATING SELF-HEALING PROCESS USING DISSIPATIVE PARTICLE DYNAMICS (DPD) METHOD, *Second International Congress of Serbian Society of Mechanics (IConSSM 2009)*, Palić (Subotica), Serbia, pp. 175-184, ISBN 978-86-7892-173-5, 1-5 June 2009.
2. Milos Kojic, Nenad Filipovic, Velibor Isailovic, Ivo Vlastelica, Boban Stojanovic, **Dejan Petrovic**, Tijana Djukic, Paolo Decuzzi, Mauro Ferrari, APPLICATION OF LOOSE AND STRONG COUPLING FOR FLUID-SOLID INTERACTION IN CREEPING FLOWS, *Second International Congress of Serbian Society of Mechanics (IConSSM 2009)*, Palić (Subotica), Srbija, 1-5 Jun 2009.
3. N. Filipović, **D. Petrović**, V. Isailović, A. Jovanović, M. Kojić, MODELING OF SELF-HEALING PROCESS IN NEW NANOCOATING OF SURFACES BY MATERIAL WITH CONTAINERS FILLED WITH HEALING AGENTS, *MEĐUNARODNI NAUČNI SKUP SAVREMENI MATERIJALI 2010*, Banja Luka,

- Republika Srpska, Vol. 1, No. 2, pp. 129-132, UDK 519.876.5:621.89, doi: [10.5767/anurs.cmat.100102.en.129F](https://doi.org/10.5767/anurs.cmat.100102.en.129F), 2-3 Jul 2010.
4. N. Filipović, **D. Petrović**, M. Obradović, A. Jovanović, S. Jovanović, D. Baloš, M. Kojić, MODELING OF SELF-HEALING MATERIALS USING NANOCONTAINERS, *MEĐUNARODNA NAUČNA KONFERENCIJA SAVREMENI MATERIJALI 2011*, Banja Luka, Republika Srpska, Vol. 2, No.1, pp. 18-26, UDK 620.193/.199, doi:[10.5767/anurs.cmat.110201.en.018F](https://doi.org/10.5767/anurs.cmat.110201.en.018F), ISSN 1986-8677, 1-2 Jul 2011.
 5. **Dejan Petrovic**, Milica Obradovic, Aleksandar Jovanovic, Snezana Jovanovic, Daniel Balos, Milos Kojic and Nenad Filipovic, DPD MODELING OF INHIBITION PROCESS OF COROSION PROTECTION USING NANOCONTAINERS, *Third International Congress of Serbian Society of Mechanics (IConSSM 2011)*, Vlasina Lake, Serbia, pp. 1104-1111, ISBN 978-86-909973-3-6, 5-8 July 2011.
 6. Milos Radovic, **Dejan Petrovic**, and Nenad Filipovic, DATA MINING APPLICATION IN THE WALL SHEAR STRESS DISTRIBUTION PREDICTION FOR ANEURYSM AND CAROTID BIFURCATION MODELS, *Third International Congress of Serbian Society of Mechanics (IConSSM 2011)*, Vlasina Lake, Serbia, pp. 1112-1121, ISBN 978-86-909973-3-6, 5-8 July 2011.
 7. Radović Miloš, **Petrović Dejan**, and Filipović Nenad, Mining Data from CFD Simulation for Aneurysm and Carotid Bifurcation Models, *33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS*, Boston, Massachusetts USA, pp. 8311-8314, doi: [10.1109/IEMBS.2011.6092049](https://doi.org/10.1109/IEMBS.2011.6092049), August 30 - September 3, 2011.
 8. **Dejan PETROVIĆ**, Marko ANDJELKOVIĆ, Ljiljana TIHAČEK-ŠOJIĆ, Nenad FILIPOVIĆ, COMPUTER BIOMECHANICAL ANALYSIS OF SPECIFIC TOOTH FOR DIFFERENT APPLIED LOADING, *34th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION ENGINEERING*, Niš, Serbia, pp. 359-362, ISBN 978-86-6055-019-6, 28. - 30. September 2011.
 9. Dejan Krsmanovic, Igor Koncar, **Dejan Petrovic**, Danko Milasinovic, Lazar Davidovic, and Nenad Filipovic, Computer Modeling of Drag Forces in Endoluminal Stent-Graft, *Tenth IEEE International Workshop on Biomedical Engineering*, Kos Island, Greece, pp. 1-4, doi: [10.1109/IWBE.2011.6079028](https://doi.org/10.1109/IWBE.2011.6079028), ISBN 978-1-4577-0553-3, 5-7 October 2011.
 10. N. Filipovic, A. Jovanovic, **D. Petrovic**, M. Obradovic, M. Radovic, S. Jovanovic, D. Balos and M. Kojic, MODELING OF CORROSION DISTRIBUTION FOR SELF-HEALING NANOMATERIALS, *The First International Conference on Damage Mechanics, ICDM I*, Belgrade, Serbia, pp. 121-124, ISBN 978-86-86115-09-6 (SCE) (ISBN 978-86-7518-153-8 FCE), 25. - 27. June 2012.
 11. **D. Petrovic**, M. Obradovic, M. Radovic, A. Jovanovic, S. Jovanovic, D. Balos, M. Kojic and N. Filipovic, MODELING OF SELF-HEALING MATERIALS AND FITTING PARAMETERS PROCEDURE, *MEĐUNARODNA NAUČNA KONFERENCIJA SAVREMENI MATERIJALI 2012*, Banja Luka, Republika Srpska, 5-7 Jul 2012.
 12. Nenad Filipovic, **Dejan Petrović**, Milica Obradović, Miloš Radović, Aleksandar Jovanović, Snežana Jovanović, Daniel Balos, Miloš Kojić, *Computer modeling of self-healing process in nanocoating of surfaces with nanocontainers*, NANOBELGRADE 2012, Belgrade, Serbia, 26-28 September 2012.

4. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата Дејана Петровића, дипл. маш. инж. под насловом „Моделирање самовезујућих материјала применом методе дисипативне

честичне динамике и паралелизација програмског кода“ одговара по обиму и садржају прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука и Стручног већа Универзитета у Крагујевцу. По квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторских дисертација.

Резултати истраживања су у писаном делу докторске дисертације изложени на укупно 113 страна. У раду је приказано 52 графичке илустрације и цитирано је 28 библиографских података. Излагање је сврстано у 7 поглавља (којима претходе: садржај и предговор):

1. Увод
2. Основи самовезујућих материјала
3. Основе дискретних метода (MD, DPD)
4. Примена DPD методе у динамици флуида
5. Имплементација паралелних DPD алгоритама
6. Резултати и анализа
7. Закључна разматрања

док је на крају рада дат списак коришћене литературе.

На почетку дисертације су објашњене идеје самовезивања материјала, постављене теоријске основе коришћених метода, затим је описана примена DPD методе у динамици флуида, а на крају су приказани добијени резултати са анализом и дискусијом.

У другом поглављу су дате основне идеје самовезујућих материјала, приступи помоћу којих је могуће постићи самозаштиту материјала као и начин реализације саме идеје.

Треће поглавље приказује теоријске основе безмрежних метода, којима припада и DPD метода. Описане су основе MD а дата је детаљнија анализа DPD методе и програмска имплементација. Такође је описан метод којим су моделирани материјали који су од интереса.

Тема четвртог поглавља је примена DPD методе у динамици флуида. Дати су неки основни примери струјања флуида. За неке од примера, добијени резултати су упоређивани са резултатима добијеним коришћењем осталих безмрежних метода. Код примера где постоји аналитичко решење такође је вршено упоређивање добијених резултата са аналитичким решењем.

Пето поглавље се односи на имплементацију паралелних DPD алгоритама и опис коришћених метода при паралелизацији као и њихове разлике. Описане су архитектуре са дељеном и дистрибуираном меморијом, као и њихове предности и мане.

У шестом поглављу су приказани добијени резултати DPD методом и методом коначних елемената. Методом коначних елемената је добијена и мапа ризика заштите самовезујућих материјала, где су приказане зоне када ће материјал остати незаштићен или када ће бити потпуно заштићен за различите улазне параметре.

У последњем поглављу изнети су постигнути циљеви који се тичу моделирања самовезујућих материјала и дате су смернице за даља истраживања и рад.

5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Дејан Петровић, дипл. маш. инж. је у оквиру ове докторске дисертације извршио систематизацију и анализу постојећих знања и искустава у области моделирања самовезујућих материјала дисипативном честичном динамиком са теоријског, експерименталног и нумеричког аспекта. Кандидат је спровео детаљно истраживање симулације активне заштите материјала као и процену ризика да до предвиђене заштите не дође.

Реализацијом истраживачког рада на овој дисертацији кандидат је дошао до резултата и закључака који имају своје место и значај како у научно-теоријском, тако и у практичном смислу, од којих се издвајају следећи:

- Моделирање самовезујућих материјала дисипативном честичном динамиком и методом коначних елемената у великој мери се поклапа са експерименталним резултатима који су извршени.
- Развијени су објектно-оријентисани програмски пакети DPDOnline и FEMInhibition, који служе за креирање модела, визуелизацију резултата, приказ дијаграма, анимацију кретања честица итд.
- Извршена је паралелизација класичне DPD методе што представља један од значајнијих успеха развоја DPD методе. Коришћена су два прилаза, модел прослеђивања порука између процеса и модел код кога сви процеси деле исти меморијски простор. Код првог је коришћен MPI стандард који може да ради на свим паралелним платформама, од персоналних рачунара са вишејезгарним процесорима, до супер-рачунара. Модел код кога сви процеси деле исти меморијски простор је урађен на почетку, јер је лакши за имплементацију али је такође и ограничен бројем језгара на једном рачунару
- Поређена су решења добијена DPD и MD методом где се резултати поклапају са задовољавајућом тачношћу.
- Извршена је процена ризика заштите материјала, коришћењем мапе ризика, где су у обзир узимане геометријске промене модела, промене концентрације наноконтејнера као и промене процента испуњености наноконтејнера инхибиторима.
- Резултати добијени креирањем мапе ризика се у великој мери поклапају са експерименталним резултатима.

6. Примењивост и корисност резултата у теорији и пракси

У научно-теоријском смислу докторска дисертација кандидата Дејана Петровића, дипл. маш. инж. под насловом „Моделирање самовезујућих материјала применом методе дисипативне честичне динамике и паралелизација програмског кода“ даје низ значајних резултата који могу бити изузетно корисни у теорији и пракси.

Кроз научно-истраживачки рад на овој дисертацији кандидат даје одговоре на питања која се тичу моделирања самовезујућих материјала, али и долази до нових питања која отварају низ нових праваца истраживања у овој савременој научној области.

Резултати добијени применом DPD и методе коначних елемената, који показују зависност степена заштите материјала и простирања корозије по бочним странама

канала, могу бити употребљени за брже и јефтиније одређивање количине наноконтејнера које треба нанети на површину ради ефикасне заштите материјала. Сам процес симулације увелико појефтињује експерименте и на једноставнији начин се долази до задовољавајућих резултата. У овом раду је, код модела дисипативне честичне динамике, уведена додатна репулзивна сила која представља силу опруге која пружа нове могућности у моделирању дифузије код самовезујућих материјала.

7. Начин презентирања резултата научној јавности

Део резултата произашлих у оквиру ове дисертације је већ публикован и верификован објављивањем у међународним и националним научним часописима, као и на међународним и националним научно-стручним конференцијама.

Практични аспекти реализованог научно-истраживачког рада и резултати развоја и реализације конкретног решења представљени су домаћој стручној јавности делом кроз реализацију пројекта *ОН 174028* и *ИИИ 41007*, Министарства за науку и просвету републике Србије, и FP7 MUST пројекта NMP3-LA-2008-214261.

Комисија сматра да истраживања и резултати докторске дисертације пружају обиман и користан материјал за даљу презентацију на научним скуповима и објављивање радова у међународним и домаћим научним часописима, као и наставак истраживања у области моделирања самовезујућих материјала изложеним методама.

На основу свега изложеног комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК

Докторска дисертација кандидата Дејана Петровића, дипл. маш. инж. у потпуности, како по обиму тако и по квалитету, одговара одобреној теми дисертације, одлуком бр. 01-1/1002-5 од 20.04.2012. од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

Разматрана научна тема је веома актуелна и даје значајан научни допринос у области моделирања самовезујућих материјала методом дисипативне честичне динамике и методом коначних елемената. Докторска дисертација је резултат оригиналног научног рада у поменутој области.

Кандидат је у приказу истраживања користио уобичајену и стандардизовану стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама.

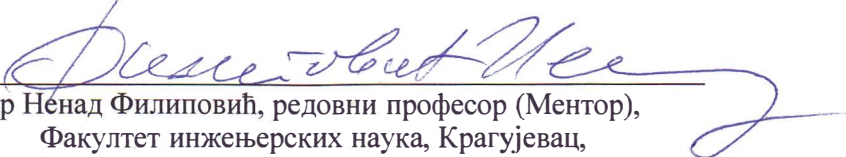

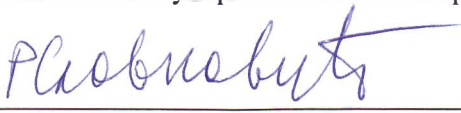
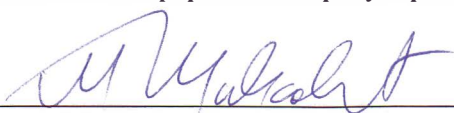
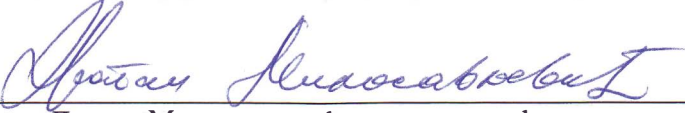
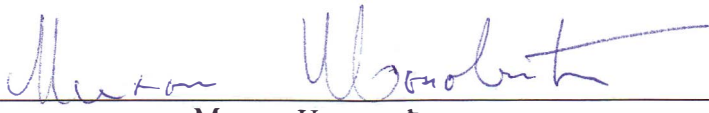
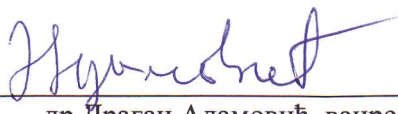
Значајан део резултата до којих је кандидат дошао у току израде ове дисертације је публикован у више коауторских радова који су објављени на домаћим и међународним конференцијама, као и у националним и међународним часописима, и на тај начин верификован.

На основу свега изложеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације, једногласно је закључила да докторска дисертација, под насловом:

„Моделирање самовезујућих материјала применом методе дисипативне честичне динамике и паралелизација програмског кода“

кандидата Дејана Петровића, дипл. маш. инж. по квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава стручне, научне и законске критеријуме за израду докторске дисертације, па са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, да на основу овог Извештаја, докторску дисертацију прихвати као веома успешну и да кандидата позове на јавну усмену одбрану дисертације.

Чланови комисије:

1. 
др Ненад Филиповић, редовни професор (Ментор),
Факултет инжењерских наука, Крагујевац,
Уже научне области: Примењена механика и
Примењена информатика и рачунарско инжењерство
2. 
др Вељко Милутиновић, редовни професор,
Електротехнички факултет, Београд,
Уже научне области: Рачунарска техника и информатика
3. 
др Радован Славковић, редовни професор,
Факултет инжењерских наука, Крагујевац,
Уже научне области: Примењена механика и
Примењена информатика и рачунарско инжењерство
4. 
др Мирослав Живковић, редовни професор,
Факултет инжењерских наука, Крагујевац,
Уже научне области: Примењена механика и
Примењена информатика и рачунарско инжењерство
5. 
др Драган Милосављевић, редовни професор,
Факултет инжењерских наука, Крагујевац,
Уже научне области: Примењена механика и
Примењена информатика и рачунарско инжењерство
6. 
др Милош Ивановић, доцент,
Природно – математички факултет, Крагујевац,
Уже научне области: Рачунарске комуникације
7. 
др Драган Адамовић, ванредни професор,
Природно – математички факултет, Крагујевац,
Уже научне области: Производно машинство и Индустијски инжењеринг

У Крагујевцу,
08.01.2013.