

Факултет МАШИНСКИ

1072/6
(Број захтева)

27.06.2013.
(Датум)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ Образац 1.

Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА У ПРОЈЕКТОВАЊУ ИНТЕЛИГЕНТНИХ ТЕХНОЛОШКИХ СИСТЕМА

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Производно машинство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: МИЛИЦА (МИЛАДИН) ПЕТРОВИЋ

2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд

3. Година дипломирања: 2010.

4. Назив магистарске тезе кандидата: /

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: /

6. Година одбране магистарске тезе: /

7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: /

Година уписа докторских студија: 2010.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 27.06.2013
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број:1072/5
Датум: 27.06.2013. године
Београд, Краљице Марије 16

На захтев Милице Петровић, дипл.инж.маш.-мастер, бр. 1072/1 од 22.05.2013. године, извештаја Комисије у саставу: проф.др Зоран Миљковић, проф.др Бојан Бабић, проф.др Милош Главоњић, проф.др Милан Зељковић, ФТН Нови Сад и проф.др Миодраг Манић, МФ у Нишу, број 1072/4 од 21.06.2013. године, а на основу чл. 30 Закона о високом образовању и чл. 30 Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници од 27.06.2013. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **«ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА У ПРОЈЕКТОВАЊУ ИНТЕЛИГЕНТНИХ ТЕХНОЛОШКИХ СИСТЕМА»** докторанта **МИЛИЦЕ ПЕТРОВИЋ**, дипл.инж.маш.- мастер.

За ментора докторанту Милице Петровић, именује се **проф.др Зоран Миљковић**.

Одлуку доставити: Већу Научних области техничких наука Универзитета у Београду на сагласност, ментору и архиви.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Предмет: Извештај Комисије за подношење извештаја о прихватању теме докторске дисертације **Милице Петровић, дипл.инж.маш.-мастер** по одлуци Наставно-научног већа број 1072/3 од 13.06.2013. године.

На основу поднете пријаве за израду докторске дисертације Милице Петровић, дипл.инж.маш.-мастер број 1072/1 од 22.05.2013. године, дате сагласности Наставничког колегијума Катедре за производно машинство број 1072/2 од 11.06.2013. године и Одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 1072/3 од 13.06.2013. године именовани смо за чланове Комисије за подношење извештаја о прихватању теме докторске дисертације докторанткиње Милице Петровић, дипл.инж.маш.-мастер. Увидом у документацију, коју је докторанткиња Милица Петровић, дипл.инж.маш.-мастер приложила уз свој захтев за израду докторске дисертације, после разматрања Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

о прихватању теме докторске дисертације
под насловом

Вештачка интелигенција у пројектовању интелигентних технолошких система

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТКИЊИ

1.1. Општи биографски подаци

Милица (Миладин) Петровић, дипл.инж.маш.-мастер, рођена је 28. августа 1986. године у Горњем Милановцу, Република Србија. Основну школу „Сава Керковић“ и гимназију „Хилгаду триста каплара“ у Љигу завршила је са одличним успехом, а за постигнуте резултате је награђена дипломама „Вук Стефановић Караџић“.

На Машински факултет Универзитета у Београду уписала се школске 2005/2006. године. Основне академске студије завршила је 2008. године са просечном оценом 9.86 (девет и 86/100) и оценом 10 (десет) на завршном раду (BSc) под насловом „Анализа могућности примене робоколица у флексибилном технолошком систему за израду лименки“ из предмета Технологија машинске обраде (ментор проф. др Зоран Миљковић). Школске 2008/2009. године уписала је Мастер академске студије на Катедри за производно машинство, а исте завршила 28. септембра 2010. године са просечном оценом 10 (десет), одбравивши дипломски-мастер рад (MSc) на тему „Прилог развоју интелигентног технолошког система у домену унутрашњег транспорта базиран на машинском учењу“ из предмета Интелигентни технолошки системи (ментор проф. др Зоран Миљковић), са оценом 10 (десет). Укупна просечна оцена током студија је 9.93 (девет и 93/100).

Након дипломирања, 5. новембра 2010. године, уписала је Докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду (број индекса Д2/10). Током првог семестра Докторских

студија утврђени су њени правци научноистраживачког рада на Катедри за производно машинство, да би одлуком број 2135/1 од 04.07.2011. године био озваничен и Програм усавршавања, који се реализује под руководством потенцијалног ментора проф. др Зорана Миљковића. Кандидаткиња је положила све испите на Докторским студијама Машинског факултета у Београду са просечном оценом 10 (десет) и тренутно је студенткиња VI семестра.

Од 1. јануара 2011. године је запослена на Машинском факултету у Београду, најпре као стручни сарадник на пројекту технолошког развоја „Иновативни приступ у примени интелигентних технолошких система за производњу делова од лима заснован на еколошким принципима“, који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Владе Републике Србије (евид. бр. ТР-35004, руководилац пројекта проф. др Бојан Бабић), а затим, од 1. маја 2011. године, и као асистенткиња на Катедри за производно машинство Машинског факултета у Београду.

За постигнуте резултате током похађања Основних академских, Мастер академских и Докторских студија добила је следеће награде, похвале, признања и стипендије:

- | | |
|------------|---|
| 2006. | Награда за изванредан успех остварен школске 2005/6. године, на првој години Основних академских студија, са просечном оценом 9.64 и свим положеним испитима. |
| 2007. | Награда за изванредан успех остварен школске 2006/7. године, на другој години Основних академских студија, са просечном оценом 9.80 и свим положеним испитима. |
| 2008. | Награда за изванредан успех остварен школске 2007/8. године, на трећој години Основних академских студија, са просечном оценом 10.00 и свим положеним испитима. |
| 2009. | Награда за изванредан успех остварен школске 2008/9. године, на првој години Мастер академских студија, са просечном оценом 10.00 и свим положеним испитима. |
| 2010. | Награда за изванредан успех остварен на Мастер академским студијама, као најбоља дипломирана студенткиња Машинског факултета у Београду, стекавши звање дипл.инж.маш. – мастер, са просечном оценом 10.00 (десет). |
| 2011. | Годишња награда Привредне коморе Београда за најбољи мастер рад студената за школску 2009/2010. годину. |
| 2011. | Признање на 34. Међународном Саветовању производног машинства одржаном у Нишу, у периоду 28 - 30. септембра, на основу одлуке председника Научног и Организационог одбора конференције, за најбољу презентацију рада младих истраживача (истраживачи млађи од 30 година). |
| 2001-2009. | Стипендија Министарства просвете Републике Србије. |
| 2007-2011. | Стипендија Асоцијације „Seine et Sava“, Париз, Француска. |
| 2009-2010. | Стипендија Фонда за младе таленте Министарства омладине и спорта Владе Републике Србије. |

Од самог почетка Докторских студија, почевши од зимског семестра школске 2010/2011. године, Милица Петровић је активно укључена у наставни процес Катедре за производно машинство Машинског факултета Универзитета у Београду. Кандидаткиња реализује све видове вежби (аудиторне вежбе, лабораторијске вежбе, преглед самосталних задатака, преглед пројеката) на следећим наставним предметима Катедре:

- | | |
|----------|--|
| 2010-... | Интелигентни технолошки системи (MSc),
Методе одлучивања (MSc),
Компјутерска симулација и вештачка интелигенција (BSc),
Аксиоматске методе (MSc). |
| 2011-... | Технологија машинске обраде (BSc). |

Према резултатима анонимне анкете студената, а у складу са Правилником о студентском вредновању педагошког рада наставника и сарадника Универзитета у Београду, кандидаткиња је за педагошки рад оцењена највишим оценама (просечна оцена за пет семестара је 4.84 од максималних 5.00).

Као студенткиња Докторских студија, кандидаткиња је кроз досадашње усавршавање и двоипогодишњи рад на научноистраживачким пројектима постала аутор или коаутор већег броја радова објављених у међународним и националним часописима, као и у зборницима радова међународних и националних научних скупова. Коаутор је два техничка решења, која су остварена у оквиру актуелног пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

Познавање страних језика

- Енглески језик – говори, чита, пише (поседује више диплома и сертификата међу којима су диплома за Upper Intermediate B.2 и сертификат за Advanced level C.1, према CEFR - *Common European Framework of Reference for Languages*);
- Руски језик – пасивно знање.

Познавање рада на рачунару

- Напредно коришћење: Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, Access, Visio), LaTeX, AutoCAD, SolidWorks, MatLab, Fortran, AnyLogic, TRIZ, CorelDRAW.

Истраживачке области

- Производно машинство, Интелигентни технолошки системи, *Soft computing*, Биолошки инспирисане технике вештачке интелигенције, Роботика, Методе одлучивања, Аксиоматска теорија пројектовања, Технологије машинске обраде.

Асоцијације

- ЈУПИТЕР (Србија).

Остало

- Возачка дозвола за Б категорију возила.

1.2 Активности на докторским студијама

Кандидаткиња Милица Петровић, дипл.инж.маш.-мастер, уписала је Докторске студије на Машинском факултету у Београду школске 2010/2011. године. У циљу реализације Програма усавршавања, положила је следеће обавезне, изборне и специјалистичке предмете:

Први семестар Докторских студија

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
<i>Виши курс математике (о*)</i>	Проф. др Стојан Раденовић Проф. др Душан Георгијевић	5	10 (десет)
<i>Нумеричке методе (о*)</i>	Проф. др Миодраг Спалевић Проф. др Александар Цветковић	5	10 (десет)
<i>ОМНИР и комуникација (о*)</i>	Проф. др Милош Недељковић	5	10 (десет)
<i>Аквизиција и обрада експерименталних података (и*)</i>	Проф. др Милош Главоњић	5	10 (десет)
<i>Лабораторија 1</i>	Проф. др Зоран Миљковић	10	10 (десет)

Други семестар Докторских студија

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
<i>Одабрана поглавља из механике (о*)</i>	Проф. др Вукман Човић	5	10 (десет)
<i>Аутономни системи и машинско учење (и*)</i>	Проф. др Зоран Миљковић	5	10 (десет)
<i>Аналитичке методе у инжењерском пројектовању (и*)</i>	Проф. др Бојан Бабић	5	10 (десет)
<i>Лабораторија 2</i>	Проф. др Зоран Миљковић	15	10 (десет)

Трећи семестар Докторских студија

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
<i>Системи вештачких неуронских мрежа (и*)</i>	Проф. др Зоран Миљковић	5	10 (десет)
<i>Анализа перформанси технолошких система (и*)</i>	Проф. др Бојан Бабић	5	10 (десет)
<i>Лабораторија 3</i>	Проф. др Зоран Миљковић	20	10 (десет)

Четврти семестар Докторских студија

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
<i>Приказ стања у области истраживања</i>	Проф. др Зоран Миљковић	5	10 (десет)
<i>Лабораторија 4 (Пројекат у области докторске дисертације)</i>	Проф. др Зоран Миљковић	25	10 (десет)

Напомена: о* - обавезни предмет; и* - изборни предмет.

Милица Петровић је на Докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду положила 4 (четири) обавезна и 5 (пет) изборних предмета (сваки вреди 5 ЕСПБ бодова), чиме је остварила укупно 45 ЕСПБ бодова. Резултати научноистраживачког рада Милице Петровић на Машинском факултету у Београду, реализовани кроз интензиван експериментални рад у Лабораторији (Лаб. 1-4), а верификовани објављивањем радова, као и учествовање у извођењу наставе на предметима Катедре за производно машинство, указују на то да је кандидаткиња веома успешно остварила још 75 ЕСПБ бодова (укључујући дат приказ стања у области истраживања-прихваћен рад у часопису националног значаја *Техника-Машинство*, који вреди 5 ЕСПБ бодова и обавезну одбрану Пројекта са објављеним радом у међународном часопису *FME Transactions*, која вреди 25 ЕСПБ бодова, према одредбама члана 15. Правилника о докторским студијама Машинског факултета у Београду). Дакле, у складу са чланом 15. Правилника о докторским студијама Машинског факултета у Београду, кандидаткиња је остварила укупно 120 ЕСПБ бодова, чиме је испунила основни услов да пријави докторску дисертацију. Просечна оцена кандидаткиње током докторских студија је 10 (десет).

Кандидаткиња има објављен рад у међународном часопису са *SCI* листе (M23) и рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком Матичног одбора за машинство Министарства просвете, науке и технолошког развоја (M24).

1.3 Списак објављених научних радова и других релевантних резултата и активности које опредељују афинитет кандидаткиње за рад на предложеној теми

1.3.1. Рад објављен у научном часопису међународног значаја (M23)

- [1] Petrović, M., Miljković, Z., Babić, B., Vuković, N., Čović, N.: **Towards a Conceptual Design of Intelligent Material Transport Using Artificial Intelligence**, *Strojarstvo* (ISSN 0562-1887), UDK: 62(05)=862=20=30, Vol. 54 No. 3, pp. 205-219, Published by Croatian Union of Mechanical Engineers and Naval Architects, June 2012. <http://hrcak.srce.hr/strojarstvo> (Science Citation Index-Web of Science® – IF = 0,222 (2010) → M23; извор KoBSON)

1.3.2. Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24)

- [2] Petrović, M., Miljković, Z., Babić, B.: **Integration of Process Planning, Scheduling, and Mobile Robot Navigation Based on TRIZ and Multi-Agent Methodology**, *FME Transactions* (ISSN 1451-2092), New Series, Vol. 41 No. 2, pp. 120-129, (SCOPUS → M24; извор KoBSON), University of Belgrade – Faculty of Mechanical Engineering, June 2013.

1.3.3. Рад у часопису националног значаја (M52)

- [3] Petrović, M., Miljković, Z., Babić, B.: **Veštačka inteligencija u konceptijskom projektovanju inteligentnih tehnoloških sistema – pregled stanja u oblasti istraživanja**, rad je prihvaćen za publikovanje u časopisu TEHNIKA-Mašinstvo (ISSN 0461-2531), Vol.62 br.5, str. (u štampi), 2013.

1.3.4. Радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини (M33)

- [4] Vuković, N., Miljković, Z., Mitić, M., Petrović, M.: **Learning Motion Trajectories of Differential Drive Mobile Robot Using Gaussian Mixtures and Hidden Markov Model**, Proceedings of the Fourth Serbian (29th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics, pp. 165-170, Vrnjačka Banja, Serbia, 4-7 June, 2013.
- [5] Petrović, M., Miljković, Z., Babić, B.: **Optimization of Operation Sequencing in CAPP Using Hybrid Genetic Algorithm and Simulated Annealing Approach**, Proceedings of the 11th International Scientific Conference MMA 2012 - Advanced Production Technologies, pp. 285-288, Novi Sad, Serbia, 20–21 September, 2012.
- [6] Petrović, M., Miljković, Z., Babić, B., Vuković, N., Čović, N.: **Towards a Conceptual Design of an Intelligent Material Transport Based on Machine Learning and Axiomatic Design Theory**, Proceedings of the 34th International Conference on Production Engineering, pp. 389-392, Niš, Serbia, 28–30 September, 2011.
- [7] Bojović, B., Kojić, D., Miljković, Z., Babić, B., Petrović, M.: **Friction Force Microscopy of Deep Drawing Made Surfaces**, Proceedings of the 34th International Conference on Production Engineering, pp. 531-534, Niš, Serbia, 28–30 September, 2011.
- [8] Bojović, B., Petrović, M., Miljković, Z., Babić, B., Matija, L.: **Lubrication Prediction in Digital Manufacturing**, Proceedings of the 6th International Working Conference "Total Quality Management – Advanced and Intelligent Approaches", pp. 475-480, Belgrade, Serbia, 6th–10th June, 2011.

1.3.5. Радови саопштени на скуповима националног значаја, штампани у целини (M63)

- [9] Бабић, Б., Миљковић, З., Бугарић, У., Бојовић, Б., Вуковић, Н., Митић, М., Петровић, М.: **Примена интелигентних технолошких система за производњу делова од лима заснована на еколошким принципима - преглед резултата истраживања на пројекту TP-35004**, 38. ЈУПИТЕР Конференција, Уводни рад, Зборник радова – CD, стр. УР.67- УР.75, Београд, 15-16. мај, 2012.

- [10] Петровић, М., Данилов, И., Лукић, Н., Главоњић, М., Кокотовић, Б.: **Механистичка идентификација модела силе при ортогоналном резању**, 37. ЈУПИТЕР Конференција, 33. симпозијум „НУ-РОБОТИ-ФТС“, Зборник радова - CD, стр. 3.93-3.102, Београд, 10-11. мај, 2011.
- [11] Петровић, М., Миљковић, З., Бабић, Б., Човић, Н.: **Вештачке неуронске мреже и аксиоматска теорија пројектовања у концепцијском пројектовању роботизованог унутрашњег транспорта**, 37. ЈУПИТЕР Конференција, 33. симпозијум „НУ-РОБОТИ-ФТС“, Зборник радова - CD, стр. 3.72-3.79, Београд, 10-11. мај, 2011.
- [12] Петровић, М., Лукић, Н., Вуковић, Н., Миљковић, З.: **Мобилни робот у унутрашњем транспорту материјала интелигентног технолошког система – едукација и развој**, 36. ЈУПИТЕР Конференција, 32. симпозијум „НУ-РОБОТИ-ФТС“, Зборник радова - CD, стр. 3.85-3.90, Београд, 11-12. мај, 2010.

1.3.6. Техничка и развојна решења – алгоритми, методе и софтвери

- 1) Вуковић, Н., Миљковић, З., Митић, М., Бабић, Б., Петровић, М.: **Хибридни управљачки алгоритам за управљање и естимацију положаја интелигентног мобилног робота базираног на калибрисаној камери** (*нова метода*: за управљање и естимацију положаја мобилног робота развијана у пројекту TP-35004 Министарства просвете и науке Владе Републике Србије), 2011.
- 2) Вуковић, Н., Миљковић, З., Митић, М., Петровић, М.: **Нови алгоритам за симултано оцењивање положаја мобилног робота и положаја карактеристичних објеката базиран на неуронском линеаризованом Калмановом филтру и сензорској информацији добијеној од калибрисане камере** (*нова метода*: која решава проблем симултаног оцењивања положаја мобилног робота и карактеристичних објеката у технолошком окружењу током обављања транспортног задатка у оквиру система унутрашњег транспорта сировина, полуфабриката, материјала и готових делова, развијана у пројекту TP-35004 МПНиТР Владе Републике Србије), 2012.

1.3.7. Учешће у научно-истраживачким, стручним и образовно-развојним пројектима

- 1) Бабић, Б., Миљковић, З., Бугарић, У., Матија, Л., Бојовић, Б., Вуковић, Н., Лазаревић, И., Митић, М., Петровић, М., Милеуснић, И.: **ИНОВАТИВНИ ПРИСТУП У ПРИМЕНИ ИНТЕЛИГЕНТНИХ ТЕХНОЛОШКИХ СИСТЕМА ЗА ПРОИЗВОДЊУ ДЕЛОВА ОД ЛИМА ЗАСНОВАН НА ЕКОЛОШКИМ ПРИНЦИПИМА**, Пројекат технолошког развоја који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Владе Републике Србије: TP-35004, Београд, 2011–2014.

1.4 Оцена подобности кандидаткиње за рад на предложеној теми

Кандидаткиња Милица Петровић, дипл.инж.маш.-мастер, је својим досадашњим истраживачким активностима показала посебну заинтересованост, квалитет и изражену способност за научноистраживачки рад.

Публиковани научни радови у међународном часопису, часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком, часопису националног значаја и у зборницима радова скупова међународног и националног значаја, као и верификована техничка решења, указују на изразит смисао кандидаткиње да се бави комплексним теоријским и експерименталним истраживањима.

Биографски подаци, објављени научни радови, експериментална истраживања кроз ангажовање на пројекту технолошког развоја (*евид. бр.* TP-35004) и други набројани резултати Милице Петровић, дипл.инж.маш.-мастер, суштински су повезани са научном облашћу којој припада предложена тема, што кандидаткињу, према мишљењу Комисије, квалификује за самосталан, успешан и ефикасан теоријски и експериментални научноистраживачки рад на предложеној докторској дисертацији.

2. ПРЕДМЕТ, НАУЧНА ОБЛАСТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Интензиван развој крајем осамдесетих, током деведесетих година 20. века и посебно после 2000.г., а који је дефинитивно успоставио и нову област истраживања у производном инжењерству под називом *Интелигентни технолошки системи* (ИТС), указује на позитиван тренд у правцу остваривања нових производних технологија у 21. веку. У времену када је аутоматизација производње готово достигла свој тренутни максимум, технолошка миграција од флексибилних ка интелигентним технолошким системима и задовољавање све већих потреба глобалног тржишта остварује се новим, мултидисциплинарним приступом, базираним на примени напредних - интелигентних технологија 21. века. Почев од средине осамдесетих година, па све до данас, велики број принципа, теорија и методологија пројектовања интелигентних технолошких система је предложено у врхунским међународним часописима, а посебно у часопису *CIRP Annals* који издаје водећа међународна академија у области производног инжењерства - CIRP.

Истраживања, планирана у оквиру предложене дисертације, односе се на домен интелигентних технолошких система, а третирају проблематику пројектовања ових система (било да је реч о системима где се делови добијају обрадом резањем, или о системима где се делови добијају обрадом пластичним деформисањем) коришћењем принципа и теорија пројектовања, компјутерски интегрисаних технологија и биолошки инспирисаних *soft computing* техника вештачке интелигенције.

У ужем смислу, планирана истраживања се по садржају могу сврстати у неколико актуелних истраживачких праваца у оквиру интелигентних технолошких система, а који се односе на: пројектовање оптималних технолошких процеса обраде делова, оптимално терминирање технолошких процеса, интелигентно управљање и терминирање транспортних средстава при обављању задатака транспорта радних предмета (припремака, обрадака, израдака, готових делова) у технолошком окружењу, сходно идентификованим оптималним технолошким процесима обраде и оптималним плановима терминирања, као и развој концепта интегрисаног пројектовања поменутих функција у оквиру интелигентног технолошког система.

Оптимизација технолошких процеса подразумева проналажење оптималног или приближно оптималног редоследа технолошких операција узимајући у обзир и алтернативна решења за машине алатке, алате и помоћне приборе. Како овај проблем припада класи недетерминистичких полиномних проблема тзв. NP-hard оптимизационих проблема (енгл. *non deterministic polynomial optimization problems*), то се време потребно за његово решавање експоненцијално повећава са повећањем димензије проблема, тј. повећањем броја делова, машина и операција. Конвенционалне нехеуристичке методе нису у стању да ефикасно реше овај тип проблема па зато овакви проблеми „траже“ алгоритме базиране на хеуристичким методама, код којих се итеративним поступцима побољшава и добија оптимално или приближно оптимално почетно решење. Генетички алгоритми GA (енгл. *Genetic Algorithms*), генетичко програмирање GP (енгл. *Genetic Programming*), симулирано каљење SA (енгл. *Simulated Annealing*), табу претраге TS (енгл. *Tabu Search*), методе интелигенције колонија, као што су оптимизација применом система мрављих колонија ACO (енгл. *Ant Colony Optimization*), или оптимизација применом теорије (интелигенције) роја PSO (енгл. *Particle Swarm Optimization*) и други хибридни алгоритми, могу да се примене и на решавање проблема оптимизације технолошких процеса.

Терминирање обухвата процес планирања машинске обраде, као и „придруживање“ технолошких операција, за сваки од обрадака, одговарајућој машини алатки, уз истовремено оптимално временско распоређивање. Циљ овог процеса је одређивање редоследа операција обраде на одговарајућим машинама алаткама, минимизујући при томе одређене перформансе (средње време проведено у систему, производно време које обухвата и време обраде и време транспорта дела, рокове израде одређене лансираним радним налозима, и др.). Као и оптимизација технолошких процеса и оптимално терминирање одабраних алтернативних технолошких процеса, такође, припада групи NP-hard недетерминистичких полиномних оптимизационих проблема. Из разлога што терминирање представља један од

најкомплекснијих комбинаторно-оптимизационих проблема, развој алгоритама који га ефикасно решавају већ годинама представља изазов у овој научној области истраживања.

Поред планирања технолошких процеса и терминирања производње, трећа кључна компонента у градњи интегрисаног интелигентног технолошког система подразумева обезбеђивање средстава за брз, поуздан и ефикасан транспорт материјала. Тренутно, истраживање и развој нових генерација технолошких система у домену унутрашњег транспорта материјала оријентисано је ка увођењу флексибилних робоколица и интелигентних мобилних робота, који би требало да представљају најраспрострањенија средства за транспорт припремака, обрадака и готових делова у интелигентном технолошком систему. Захваљујући *soft computing* техникама вештачке интелигенције, они су способни да транспортују различите радне предмете од „старта“ до „циља“ самостално, дакле без интервенција оператера-човека. Због тога терминирање робоколица или индустријских мобилних робота представља једну од најважнијих категорија проблема у оквиру имплементације ових транспортних средстава у напредним технолошким системима.

Током последњих година, интеграција производних функција, као што су оптимално пројектовање технолошких процеса, оптимално терминирање технолошких процеса и терминирање средстава за транспорт привлачи све већу пажњу истраживача. Иако су ове области, традиционално, најчешће разматране и истраживане независно, што је обезбеђивало распрегнуте моделе за оптимизацију поменутих функција, захтеви за смањењем производних трошкова, повећањем ефективности технолошких система, као и бољим искоришћењем производних ресурса доводе до формирања интегрисаних модела за ове функције.

Имајући на уму претходно наведене истраживачке правце, општи циљ докторске дисертације је развој оригиналне методологије за пројектовање интелигентних технолошких система, који подразумева следеће подциљеве:

- Развој и имплементација ефикасних алгоритама за оптимизацију технолошких процеса, генерисање оптималних планова терминирања, као и управљање и терминирање мобилног робота;
- Развој методе за генерисање оптималних транспортних путева мобилног робота у оквиру дефинисаног технолошког окружења сходно пројектованим оптималним технолошким процесима и плановима терминирања;
- Развој софтверске апликације за интеграцију функција интелигентних технолошких система коришћењем мултиагентске методологије базиране на интелигентним агентима, који могу бити физички ентитети (агенти за мобилне роботе, агенти за машине алатке, агенти за делове и др.) и/или компјутерски ентитети (агенти за оптимизацију, агенти за машинско учење и др.);
- Тестирање и лабораторијска експериментална верификација развијених метода, алгоритама и софтверских апликација, на интелигентном мобилном роботу за задатке транспорта у оквиру лабораторијског модела технолошког окружења, у циљу утврђивања оправданости предложеног концепта.

Крајем 20. века и на почетку 21. века публиковано је више научних радова, књига, докторских дисертација и реализовано је више научноистраживачких пројеката референтних лабораторија, који са различитих становишта третирају проблеме концепцијског пројектовања интелигентних технолошких система, а у оквиру њих, проблеме оптималног пројектовања технолошких процеса, терминирања технолошких процеса, као и терминирања транспортних средстава у домену унутрашњег транспорта материјала, полуфабриката и готових делова у интелигентним технолошким системима. У наставку се наводе само неки од важнијих релевантних радова и књига, који обухватају ову проблематику, а који су утицали на покретање истраживања предвиђених у овој докторској дисертацији:

[1] Rzevski, G., A framework for designing intelligent manufacturing systems, *Computers in Industry*, 34(2), pp. 211-219, 1997.

- [2] Revilla, G. J., Cadena, M. R., Intelligent Manufacturing Systems: a methodology for technological migration, Proceedings of the World Congress on Engineering (WCE 2008), Vol II (ISBN 978-988-17012-3-7), July 2 - 4, London U.K., 2008.
- [3] Kopacek, P., Intelligent manufacturing: Present state and future trends, *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 26(3-4), pp. 217-229, 1999.
- [4] Milačić, V. R., DESIGNER® - Intelligent Expert System for Intelligent Manufacturing Systems Design, *Journal Robotics & Computer-Integrated Manufacturing*, 11 (3), pp. 121-136, 1994.
- [5] Миљковић, З., Александрић, Д., Вештачке неуронске мреже – збирка решених задатака са изводима из теорије, Машински факултет у Београду, 2009.
- [6] Миљковић, З., Системи вештачких неуронских мрежа у производним технологијама, Научна монографија националног значаја, Серија монографских дела *Интелигентни технолошки системи* (Уредник серије: Проф. др Владимир Р. Милачић), Књига 8, Универзитет у Београду – Машински факултет, 2003.
- [7] Monostori, L., Vancza, J., Kumara, S.R.T., Agent-Based Systems for Manufacturing, *Annals of the CIRP*, 55(2), pp. 697-720, 2006.
- [8] Shen, W., Hao, Q., Yoon, H. J., Norrie, D. H., Applications of agent-based systems in intelligent manufacturing: An updated review, *Advanced engineering INFORMATICS*, 20(4), pp. 415-431, 2006.
- [9] Suh, N.P., The Principles of Design (Vol. 990), New York: Oxford University Press, 1990.
- [10] Babic, B., Axiomatic design of flexible manufacturing systems, *International Journal of Production Research*, 37(5), pp. 1159-1173, 1999.
- [11] Бабић, Б., FLEXY - интелигентни експерт систем за пројектовање ФТС, Научна монографија националног значаја, Серија монографских дела *Интелигентни технолошки системи* (Уредник серије: Проф. др Владимир Р. Милачић), Књига 5, Универзитет у Београду – Машински факултет, 1994.
- [12] Cochran, D. S., Arinez, J. F., Duda, J. W., Linck, J., A decomposition approach for manufacturing system design, *Journal of Manufacturing Systems*, 20(6), pp. 371-389, 2002.
- [13] Ueda, K., Vaario, J., Ohkura, K., Modelling of biological manufacturing systems for dynamic reconfiguration, *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 46(1), pp. 343-346, 1997.
- [14] Ueda, K., Kito, T., Fujii, N., Modeling biological manufacturing systems with bounded-rational agents, *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 55(1), pp. 469-472, 2006.
- [15] Shu, L. H., Ueda, K., Chiu, I., Cheong, H., Biologically inspired design, *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 60(2), pp. 673-693, 2011.
- [16] Reddy, S. B., Operation sequencing in CAPP using genetic algorithms, *International Journal of Production Research*, 37(5), pp. 1063-1074, 1999.
- [17] Ma, G. H., Zhang, Y. F., Nee, A. Y. C., A simulated annealing-based optimization algorithm for process planning, *International Journal of Production Research*, 38(12), pp. 2671-2687, 2000.
- [18] Li, W. D., Ong, S. K., Nee, A. Y. C., Hybrid genetic algorithm and simulated annealing approach for the optimization of process plans for prismatic parts, *International Journal of Production Research*, 40(8), pp. 1899-1922, 2002.
- [19] Li, W. D., Ong, S. K., Nee, A. Y. C., Optimization of process plans using a constraint-based tabu search approach, *International Journal of Production Research*, 42(10), pp. 1955-1985, 2004.
- [20] Krishna, A. G., Rao, K. M., Optimisation of operations sequence in CAPP using an ant colony algorithm, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 29(1-2), pp. 159-164, 2006.
- [21] Guo, Y. W., Mileham, A. R., Owen, G. W., Li, W. D., Operation sequencing optimization using a particle swarm optimization approach, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 220(12), pp. 1945-1958, 2006.

- [22] Ding, L., Yue, Y., Ahmet, K., Jackson, M., Parkin, R., Global optimization of a feature-based process sequence using GA and ANN techniques, *International Journal of Production Research*, 43(15), pp. 3247-3272, 2005.
- [23] Vaario, J., Ueda, K., An emergent modelling method for dynamic scheduling, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 9(2), pp. 129-140, 1998.
- [24] Pezzella, F., Morganti, G., Ciaschetti, G., A genetic algorithm for the flexible job-shop scheduling problem, *Computers & Operations Research*, 35(10), pp. 3202-3212, 2008.
- [25] Sha, D. Y., Lin, H. H., A multi-objective PSO for job-shop scheduling problems, *Expert Systems with Applications*, 37(2), pp. 1065-1070, 2010.
- [26] Rossi, A., Dini, G., Flexible job-shop scheduling with routing flexibility and separable setup times using ant colony optimisation method, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23(5), pp. 503-516, 2007.
- [27] Huang, K. L., Liao, C. J., Ant colony optimization combined with taboo search for the job shop scheduling problem, *Computers & Operations Research*, 35(4), pp. 1030-1046, 2008.
- [28] Xia, W., Wu, Z., An effective hybrid optimization approach for multi-objective flexible job-shop scheduling problems, *Computers & Industrial Engineering*, 48(2), pp. 409-425, 2005.
- [29] Tan, W., Khoshnevis, B., Integration of process planning and scheduling—a review, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 11(1), pp. 51-63, 2000.
- [30] Morad, N., Zalzal, A. M. S., Genetic algorithms in integrated process planning and scheduling, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 10(2), pp. 169-179, 1999.
- [31] Kim, Y. K., Park, K., Ko, J., A symbiotic evolutionary algorithm for the integration of process planning and job shop scheduling, *Computers & Operations Research*, 30(8), pp. 1151-1171, 2003.
- [32] Shao, X., Li, X., Gao, L., Zhang, C., Integration of process planning and scheduling - a modified genetic algorithm-based approach, *Computers & Operations Research*, 36(6), pp. 2082-2096, 2009.
- [33] Wong, T. N., Leung, C. W., Mak, K. L., Fung, R. Y. K., An agent-based negotiation approach to integrate process planning and scheduling, *International Journal of Production Research*, 44(7), pp. 1331-1351, 2006.
- [34] Li, X., Zhang, C., Gao, L., Li, W., Shao, X., An agent-based approach for integrated process planning and scheduling, *Expert Systems with Applications*, 37(2), pp. 1256-1264, 2010.
- [35] Leung, C. W., Wong, T. N., Mak, K. L., Fung, R. Y. K., Integrated process planning and scheduling by an agent-based ant colony optimization, *Computers & Industrial Engineering*, 59(1), pp. 166-180, 2010.
- [36] Guo, Y. W., Li, W. D., Mileham, A. R., Owen, G. W., Applications of particle swarm optimisation in integrated process planning and scheduling, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 25(2), pp. 280-288, 2009.
- [37] Zhang, X. D., Yan, H. S., Integrated optimization of production planning and scheduling for a kind of job-shop, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 26(7-8), pp. 876-886, 2005.
- [38] Li, W. D., McMahon, C. A., A simulated annealing-based optimization approach for integrated process planning and scheduling, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 20(1), pp. 80-95, 2007.
- [39] Ueda, K., Fujii, N., Inoue, R., An emergent synthesis approach to simultaneous process planning and scheduling, *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 56(1), pp. 463-466, 2007.
- [40] Ulusoy, G., Sivrikaya-Şerifoglu, F., Bilge, Ü., A genetic algorithm approach to the simultaneous scheduling of machines and automated guided vehicles, *Computers & Operations Research*, 24(4), pp. 335-351, 1997.

- [41] Maimon, O., Braha, D., Seth, V., A neural network approach for a robot task sequencing problem, *Artificial intelligence in engineering*, 14(2), pp. 175-189, 2000.
- [42] Hurink, J., Knust, S., A tabu search algorithm for scheduling a single robot in a job-shop environment, *Discrete Applied Mathematics*, 119(1), pp. 181-203, 2002.
- [43] Hurink, J., Knust, S., Tabu search algorithm for job-shop problems with a single transport robot, *European journal of operational research*, 162(1), pp. 99-111, 2005.
- [44] Dang, Q. V., Nielsen, I., Steger-Jensen, K., Madsen, O., Scheduling a single mobile robot for part-feeding tasks of production lines, *Journal of Intelligent Manufacturing*, pp. 1-17, 2012.

Референце [1-4] се односе на пројектовање ИТС-а, референце [5,6] на примену вештачких неуронских мрежа у производним технологијама, у референцама [7,8] се анализира примена система базираних на агентима при пројектовању ИТС-а, референце [9-12] се односе на аксиоматску теорију пројектовања технолошких система, референце [13-15] обухватају биолошки инспирисане методологије за пројектовање ИТС-а, у референцама [16-22] су приказани различити приступи у оптимизацији технолошких процеса, у референцама [23-28] се предлага методологија за терминирање технолошких процеса, референце [29-39] се односе на интегрисано пројектовање и терминирање технолошких процеса, а референце [38-44] обухватају терминирање транспортних средстава, конкретно, AGV робоколица и мобилних робота.

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

У домену предложене докторске дисертације, која се односи на имплементацију вештачке интелигенције у интензивном развоју интелигентних технолошких система, фокус је на плановима терминирања, коришћењем оптималних технолошких процеса обраде, са посебним акцентом на терминирање транспортних средстава при остваривању роботизованог унутрашњег транспорта у оквиру ИТС-а. Новија истраживања у овој области, која се данас спроводе у свету, односе се на развијање ефикасних алгоритама, који треба да, кроз оптимално терминирање производње, пројектовање оптималних технолошких процеса уз наглашено разматрано терминирање транспортних средстава, омогуће брже прилагођавање променљивим захтевима тржишта и смањење производних трошкова. С обзиром на закључке претходно спроведених истраживања у овој области, а у циљу теоријске и експерименталне верификације предложеног концепта развоја и пројектовања интелигентних технолошких система, одабране су следеће полазне хипотезе (пет хипотеза), којима се спроводи предвиђено истраживање и рад на овој докторској дисертацији:

- Прва хипотеза: Могуће је развити оригиналну методологију за пројектовање интелигентних технолошких система на бази аксиоматске теорије пројектовања, мултиагентске методологије и биолошки инспирисаних техника вештачке интелигенције.
- Друга хипотеза: Применом *soft computing* техника вештачке интелигенције могуће је генерисати оптималан и/или приближно оптималан технолошки процес обраде дела сходно усвојеном критеријуму оптимизације, узимајући у обзир алтернативне машине алатке, алтернативне алате и алтернативне помоћне приборе.
- Трећа хипотеза: На основу оптималних и/или приближно оптималних технолошких процеса обраде дела могуће је ефикасно одредити планове терминирања сходно усвојеном критеријуму перформанси.
- Четврта хипотеза: Применом метахеуристичких метода, могуће је развити систем интегрисаног пројектовања и терминирања технолошких процеса, обезбеђујући при томе смањење производних трошкова, боље искоришћење производних ресурса и побољшање перформанси интелигентних технолошких система.
- Пета хипотеза: За развијен интегрисани модел симултаног пројектовања и терминирања технолошких процеса, могуће је развити ефикасне алгоритме терминирања транспортних средстава, као и интелигентног управљања мобилног робота при

извршавању транспортних задатака, сходно пројектованим технолошким процесима и генерисаним оптималним плановима терминирања, са циљем обезбеђивања минималног производног времена.

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Имајући у виду свеобухватност, комплексност и мултидисциплинарни карактер тематске области, научне методе истраживања које ће се применити у овој докторској дисертацији су следеће:

- ♦ Методе математичког моделирања укупног технолошког времена, а у вези са терминирањем технолошких процеса;
- ♦ Метакеуристичке методе оптимизације технолошких процеса, генерисаних планова њиховог терминирања на којима се заснива терминирање мобилног робота у унутрашњем транспорту материјала интелигентног технолошког система;
- ♦ Метода компјутерске симулације рада интелигентног технолошког система;
- ♦ Методе управљања и програмирања мобилног робота у домену локализације (одређивање позиције и оријентације) у лабораторијском моделу технолошког окружења;
- ♦ Методе софтверске и хардверске имплементације развијених алгоритама у циљу повећања ефикасности унутрашњег транспорта материјала у технолошком систему;
- ♦ Експериментална метода за верификацију предложених хипотеза на прототипском лабораторијском моделу интелигентног технолошког система сходно идентификованим технолошким процесима.

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Према постављеним хипотезама, очекивани научни доприноси предложених истраживања у оквиру предметне докторске дисертације су следећи:

- Оригинална методологија за пројектовање интелигентних технолошких система, базирана на примени принципа вештачке интелигенције, аксиоматских метода и мултиагентске методологије, у циљу имплементације и интеграције интелигентних агената (мисли се на агенте за машине алатке, агенте за делове, агенте за мобилне роботе, агенте за оптимизацију, агенте за машинско учење, и др.), који могу да доносе аутономне одлуке у условима наглашене неодређености унутар технолошког система;
- Метода за планирање и оптимизацију технолошких процеса коришћењем биолошки инспирисаних техника вештачке интелигенције;
- Метода за генерисање и оптимизацију планова терминирања машина алатки у интелигентном технолошком систему сходно усвојеним функцијама циља;
- Метода оптималног терминирања интелигентног мобилног робота намењеног роботизованом унутрашњем транспорту материјала и делова у оквиру лабораторијског модела интелигентног технолошког система;
- Метода за интегрисано оптимално планирање и терминирање технолошких процеса, као и терминирање транспортних средстава у оквиру унутрашњег транспорта материјала интелигентног технолошког система.

Очекивани научни резултати су од изузетног значаја за даљи развој функција ИТС-а, као и свеобухватно увођење, интеграцију и решавање проблема терминирања мобилних робота при унутрашњем транспорту материјала. Развијене методе ће бити тестиране кроз компјутерску

симулацију, лабораторијску експерименталну верификацију на репрезентативном моделу ИТС-а, коришћењем *Khepera II* система мобилног робота, као и у напредним технолошким окружењима изабраних компанија металопрерађивачке индустрије Србије. Верификоване методе би касније биле коришћене за даља научна истраживања у овој области, за потребе сталне едукације постдипломаца и развојних мастер-инжењера у оквиру Центра за нове технологије Катедре за производно машинство Машинског факултета у Београду, као и за перманентно унапређење наставе на свим нивоима припадајуће групе предмета Катедре.

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

План истраживања састоји се из следећих фаза:

1. Критичка анализа литературних извора и претходних истраживања, релевантних за пројектовање функција ИТС-а.
2. Идентификација одабраних функција за пројектовање ИТС-а;
3. Анализа метода, циљева и хипотеза за пројектовање ИТС-а;
4. Анализа метода оптимизације технолошких процеса, планова терминирања и терминирања транспортних средстава у оквиру ИТС-а;
5. Анализа метода и различитих приступа у решавању проблема интеграције функција ИТС-а;
6. Развој и имплементација ефикасних алгоритама оптимизације за предложене функције ИТС-а, базираних на примени биолошки инспирисаних *soft computing* техника вештачке интелигенције;
7. Тестирање и експериментална верификација резултата имплементације развијених алгоритама на интелигентном мобилном роботу, намењеном унутрашњем транспорту материјала у оквиру ИТС-а, и то у лабораторијским условима експлоатације;
8. Анализа и дискусија остварених резултата.

Оквирна структура предложене докторске дисертације обухвата следеће целине:

1. Увод. Интелигентни технолошки системи. Пројектовање ИТС-а. Идентификација функција ИТС-а за које се спроводе планирања истраживања.
2. Преглед и критичка анализа стања у области досадашњих теоријских и експерименталних истраживања, са посебним освртом на методе и технике пројектовања и моделирања идентификованих функција ИТС-а.
3. Методе и технике моделирања ИТС-а.
 - 3.1. Планирање и оптимизација технолошких процеса.
 - 3.2. Оптимизација планова терминирања.
 - 3.3. Терминирање транспортних средстава.
4. Развој интегрисаног система пројектовања оптималних технолошких процеса, планова терминирања и терминирања транспортних средстава у ИТС-у.
5. Тестирање и експериментална верификација предложеног концепта. Дискусија.
6. Закључци.
7. Литература.
8. Прилози.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу анализе пријаве теме докторске дисертације Милице Петровић, дипл.инж.маш. – мастер, архивиране под бројем 1072/1 од 22.05.2013. године, а сходно сагласности Наставничког колегијума Катедре за производно машинство број 1072/2 од 11.06.2013. године, као и одлуци Наставно-научног већа број 1072/3 донетој 13.06.2013. године, Комисија за

подношење Извештаја о прихватању теме и оцену научне заснованости докторске дисертације закључује да је предложена тема научно утемељена и адекватна за израду докторске дисертације високог ранга, као и да кандидаткиња испуњава законске и друге услове за рад на предметној докторској дисертацији, тако да предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да се

Милицы Петровић, дипл.инж.маш.-мастер

одобри израду докторске дисертације са темом

**Вештачка интелигенција у пројектовању
интелигентних технолошких система,**

научна област: **машинство (производно машинство).**

За **ментора** кандидаткиње током рада на предметној докторској дисертацији предлаже се **др Зоран Миљковић**, редовни професор Машинског факултета у Београду.

С поштовањем,

Београд, 20.06.2013. год.

Чланови Комисије:

.....
Др Зоран Миљковић, редовни професор
Машински факултет у Београду

.....
Др Бојан Бабић, редовни професор
Машински факултет у Београду

.....
Др Милош Главоњић, редовни професор
Машински факултет у Београду

.....
Др Милан Зељковић, редовни професор
Факултет техничких наука у Новом Саду

.....
Др Миодраг Манић, редовни професор
Машински факултет у Нишу

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидаткињу Милицу М. Петровић, дипл. инж. маш. - мастер

Име и презиме ментора: др Зоран Миљковић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Miljković, Z., Mitić, M., Lazarević, M., Babić, B., Neural Network Reinforcement Learning for Visual Control of Robot Manipulators, *Journal Expert Systems with Applications* (ISSN 0957-4174), Vol. 40 Issue: 5, pp. 1721-1736, Elsevier, April 2013. (Available online: 9 October 2012; DOI: 10.1016/j.eswa. 2012.09.010); <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417412010640> (Science Citation Index-Web of Science® – IF = 2,203 (2011) → M21; извор KoBSON)
2. Miljković, Z., Vuković, N., Mitić, M., Babić, B., New Hybrid Vision-Based Control Approach for Automated Guided Vehicles, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (Print ISSN 0268-3768), Vol. 66 Issues: 1-4, pp. 231-249, Springer-Verlag London Ltd., April 2013. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00170-012-4321-y> (Online ISSN 1433-3015_Available online: 6 July 2012_First™ Articles; DOI: 10.1007/s00170-012-4321-y), (Science Citation Index-Web of Science® – IF = 1,103 (2011) → M22; извор KoBSON)
3. Babić, B., Miljković, Z., Vuković, N., Antić, V., Towards Implementation and Autonomous Navigation of an Intelligent Automated Guided Vehicle in Material Handling Systems, *Iranian Journal of Science and Technology (IJST) – Transaction B: Engineering (Transactions of Mechanical Engineering)* (ISSN 1028-6284), Vol. 36, No. M1, pp. 25-40, Printed in The Islamic Republic of Iran, © Shiraz University, April 2012. http://www.shirazu.ac.ir/en/index.php?page_id=2613 (SCOPUS; Science Citation Index-Web of Science® – IF = 0,375 (2011) → M23; извор KoBSON)
4. Šibalića, T., Majstorović, V., Miljković, Z., An Intelligent Approach to Robust Multi-Response Process Design, *International Journal of Production Research* (ISSN 0020-7543 Print; ISSN 1366-588X Online), Vol.49 Issue: 17, pp. 5079-5097, Taylor & Francis, 1 September 2011. (Available online: 17 August 2011; DOI:10.1080/00207543.2010.511476); <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2010.511476> (Science Citation Index-WoS® – IF = 1,115 (2011) → M21; извор KoBSON)
5. Babić, B., Nešić, N., Miljković, Z., A Review of Automated Feature Recognition with Rule-Based Pattern Recognition, *Journal Computers in Industry* (ISSN 0166-3615), Vol.59 (4), pp. 321-337, Elsevier, April 2008. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361507001327> (Science Citation Index-Web of Science® – IF = 2,014 → M21; извор KoBSON)
6. Babić, B., Nešić, N., Miljković, Z., Automatic Feature Recognition Using Artificial Neural Networks to Integrate Design and Manufacturing - Review of Automatic Feature Recognition Systems, *Journal AI Edam: Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* (ISSN 0890-0604), Vol.25 Issue: 3, pp. 289-304, Cambridge University Press, August 2011. <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=8325257&fulltextType=RV&fileId=S0890060410000545> (First published online: 17 December 2010; DOI:10.1017/ S0890060410000545); (Science Citation Index-Web of Science® – IF = 0,786 (2011) → M22; извор KoBSON)

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

Ⓐ) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као М24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као М11, М12, М13, М14, М41 и М51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум _____

М.П.

Проф. др Милорад Милованчевић