

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Образац 1.

165/2
(Број захтева)

Већу научних области техничких наука

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

26.01.2012.
(Датум)

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

**УПРАВЉАЧКИ СИСТЕМ ОТВОРЕНЕ АРХИТЕКТУРЕ РЕКОНФИГУРАБИЛНИХ РОБОТСКИХ
ОБРАДНИХ СИСТЕМА**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Производно машинство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: ЗОРАН (ЖИВОЈИН) ДИМИЋ

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

3. Година дипломирања: 2001.

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 завршио докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____ / _____

Година завршетка докторских студија: 2010.

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

на седници одржаној 26.01.2012
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:165/2

Датум: 26.01.2012. године

Београд, Краљице Марије 16

На захтев Зорана Димића, дипл.инж.ел., бр. 2853/1 од 15.11.2011. године, извештаја Комисије у саставу: проф.др Драган Милутиновић, ментор, проф.др Мирослав Пилиповић, проф.др Милош Главоњић, проф.др Вељко Поткоњак, ЕТФ Београд, др Владимир Квргић, научни сарадник Лола института бр. 165/1 од 23.01.2012. 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 26.01.2012. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **«УПРАВЉАЧКИ СИСТЕМ ОТВОРЕНЕ АРХИТЕКТУРЕ РЕКОНФИГУРАБИЛНИХ РОБОТСКИХ ОБРАДНИХ СИСТЕМА»** докторанта **ЗОРАНА ДИМИЋА**, дипл.инж.ел.

За ментора докторанту Зорану Димићу, именује се **проф.др Драган Милутиновић**.

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 кандидата **Зорана Димића, дипл. инж. ел.**

На основу Одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 3059/2 од 15.12.2011. године, сагласности Колегијума наставника Катедре за производно машинство број 3059/1 од 12.12.2011. године, а по Пријави теме докторске дисертације број 2853/1 од 15.11.2011. године кандидата Зорана Димића, дипл. инж. ел., студента докторских студија, именовани смо за чланове Комисије за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације. На основу увида у документацију коју је кандидат Зоран Димић, дипл. инж. ел. приложио уз свој захтев за израду докторске дисертације, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

**о прихватању теме докторске дисертације
под називом**

**УПРАВЉАЧКИ СИСТЕМ ОТВОРЕНЕ АРХИТЕКТУРЕ РЕКОНФИГУРАБИЛНИХ
РОБОТСКИХ ОБРАДНИХ СИСТЕМА**

1. Подаци о кандидату

1.1 Општи биографски подаци

Зоран Димић, дипл. инж. ел. је рођен у Београду, 8.октобра 1968. године. Основну школу је завршио у Београду, као и средњу електротехничку школу „Никола Тесла“. Дипломирао је на смеру Електроника, Електротехничког факултета Универзитета у Београду 29.9.2001 године. Дипломски рад је урадио из предмета Импулсна и дигитална електроника (ментор проф. др Дејан Живковић) и исти одбранио са оценом 10.

Од 25.маја 2000. до 8.августа 2007. године је био запослен као инжењер на пословима развоја софтвера за управљање робота и машина са паралелном кинематиком у Фабрици робота и алата Лола система. Од 9.августа 2007. године до данас је запослен у Лола институту д.о.о. као истраживач и руководилац програма развоја управљачких система за роботе и машине алатке.

Учествовао је на већем броју развојних пројеката из области индустријских робота и машина алатки. Као истраживач је учествовао у већем броју научних и стручних пројеката, које је финансирало Министарство просвете и науке, из области индустријских робота и машина алатки који су се односили на системе управљања отворене архитектуре и развој роботских програмских језика. Самостално или као коаутор је објавио већи број радова на домаћим и међународним скуповима и у домаћим и међународним часописима. Такође је коаутор и већем броју техничких решења.

За постигнуте научне и стручне резултате је два пута (2005. и 2010. године) награђиван годишњим наградама Привредне коморе Београда за техничка решења и унапређења, а 2006. године је, као коаутор, награђен Наградом града Београда за област наука-проналазаштво. Као члан истраживачког тима, 2011 године је награђен Наградом за најбољу технолошку иновацију за освојено четврто место у укупном пласману.

1.2 Активности на докторским студијама

Кандидат Зоран Димић, дипл. инж. ел. је уписао Докторске студије на Машинском факултету у Београду школске 2008/2009. године. У циљу реализације програма усавршавања положио је следеће обавезне, изборне и специјалистичке предмете:

Први семестар

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
ОМНИР и комуникација	Проф. др Милош Недељковић	5	10 (десет)
Нумеричке методе	Проф. др Миодраг Спалевић	5	9 (девет)
Виши курс математике	Проф. др Стојан Раденовић Проф. др Душан Георгијевић	5	10 (десет)
Аквизиција и обрада експерименталних података	Проф. др Милош Главоњић	5	10 (десет)
Лабораторија 1	Проф. др Драган Милутиновић	10	10 (десет)

Други семестар

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
Одабрана поглавља из механике	Проф. др Вукман Човић	5	10 (десет)
Теорија резања	Проф. др Љубодраг Тановић	5	10 (десет)
Специјални роботски системи	Проф. др Вељко Поткоњак	5	10 (десет)
Лабораторија 2	Проф. др Драган Милутиновић	15	10 (десет)

Трећи семестар

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
Интелигентни индустријски роботи	Проф. др Драган Милутиновић	5	10 (десет)
Моделирање и симулација система индустријских робота	Проф. др Драган Милутиновић	5	10 (десет)
Лабораторија 3	Проф. др Драган Милутиновић	20	10 (десет)

Четврти семестар

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
Лабораторија 4	Проф. др Драган Милутиновић	25	10 (десет)
Припрема за пријаву дисертације		5	10 (десет)

- На докторским студијама, кандидат је положио свих 9 (девет) предмета, од чега 4 (четири) обавезна и 5 (пет) изборних предмета, од којих сваки вреди 5 (пет) ЕСПБ бодова, што укупно износи 45 (четрдесетпет) ЕСПБ бодова. Резултатима

истраживачког рада у Лабораторији за индустријску роботiku и вештачку интелигенцију на Машинском факултету у Београду и у лабораторијама Лола института, кандидат је остварио 70 (седамдесет) ЕСПБ бодова, као и 5 (пет) ЕСПБ бодова током припреме пријаве дисертације.

- Просечна оцена током докторских студије је 9,92 (девет и 92/100).
- Кандидат има 3 објављена рада у међународним часописима са *SCI* листе.

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

Радови су разврстани у следеће групе:

1.3.1 Радови у истакнутим међународним часописима (M22)

1. Glavonjic, M., Milutinovic, D., Zivanovic, S., **Dimic, Z.**, Kvrjic V., „DESKTOP 3-AXIS PARALLEL KINEMATIC MILLING MACHINE“, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2010), ISSN 0268-3768(Print)1433-3015(Online), Volume 46, Numbers 1-4 / January, 2010, str. 51-60, doi: 10.1007/s00170-009-2070-3
2. Milutinovic, D., Glavonjic, M., Slavkovic, N., **Dimic, Z.**, Živanović, S., Kokotovic, M., Tanovic, Lj., „RECONFIGURABLE ROBOTIC MACHINING SYSTEM CONTROLLED AND PROGRAMMED IN A MACHINE TOOL MANNER“, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2010), ISSN 0268-3768(Print)1433-3015(Online), Volume 53, Numbers 9-12, 1217-1229, DOI: 10.1007/s00170-010-2888-8
3. Kvrjic, V., **Dimic, Z.**, Cvijanovic, V., Ilic, D., Bucan, M., „A CONTROL ALGORITHM FOR A VERTICAL 5-AXIS TURNING CENTRE“, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology (2011), ISSN 1433-3015 (Online First), DOI: 10.1007/s00170-011-3737-0

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

1. Milutinović, D., Glavonjić, M., Živanović, S., **Dimić, Z.**, Kvrjić, V., "MINI EDUCATIONAL 3-AXIS PARALLEL KINEMATIC MILLING MACHINE", Proceedings of the 3rd International Conference on Manufacturing Engineering (ICMEN) and EUREKA Brokerage Event, ISBN 978-960-243-649-3, pp. 463-474, Chalkidiki, Greece, October 1-3, 2008
2. Kvrjić, V., **Dimić, Z.**, Trgovčević, S., "RAZVOJ 5-OSONOG VERTIKALNOG STRUGARSKOG OBRADNOG CENTRA", 9. Međunarodna konferencija o dostignućima elektrotehnike, mašinstva i informatike (DEMI), Zbornik radova DEMI 2009, ISBN 978-99938-39-23-1, str. 249-254, Mašinsti fakultet u Banjaluci, maj 2009.
3. Milutinovic D., Glavonjic M., Slavkovic N., Kokotovic B., Milutinovic M., Zivanovic S., **Dimic Z.**, "MACHINING ROBOT CONTROLLED AND PROGRAMMED AS A MACHINE TOOL", 10. Anniversary International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology (DEMI 2011), Proceedings, ISBN 978-99938-39-36-1, str. 813-818, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, maj 2011.
4. Milutinović, D., Glavonjić, M., Slavković, N., Živanović, S., Kokotović, B., **Dimić Z.**, " COMPLIANCE MODELING AND IDENTIFICATION OF 5-AXIS VERTICAL ARTICULATED ROBOT FOR MACHINING APPLICATIONS", 34th International

Conference on Production Engineering, Proceedings, ISBN 978-86-6055-019-6, pp 381-384, University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, September 2011.

5. Milićević, M., Kaplarević, V., **Dimić, Z.**, Kvirgić, V., Cvijanović, V., "DEVELOPMENT OF NEW CONTROL SYSTEM FOR ROBOTS AND MULTI-AXIS MACHINING SYSTEMS", 4th International Conference on Manufacturing Engineering ICMEN, Proceedings, ISBN 978-960-98780-4-3, pp 451 – 457, October 2011
6. Milutinovic, D., Glavonjic, M., Slavkovic, N., **Dimic, Z.**, Živanović, S., Kokotovic, M., "MACHINING ROBOT WITH LOW-COST CONTROL AND PROGRAMMING SYSTEM", 4th International Conference on Manufacturing Engineering ICMEN, Proceedings, ISBN 978-960-98780-4-3, pp 387 – 396, October 2011
7. Milutinovic, D., Glavonjic, M., Slavkovic, N., Živanović, S., Kokotovic, M., **Dimic, Z.**, "COMPLIANCE ANALYSIS OF 5-AXIS VERTICAL ARTICULATED MACHINING ROBOT", 4th International Conference on Manufacturing Engineering ICMEN, Proceedings, ISBN 978-960-98780-4-3, pp 411 – 422, October 2011

1.3.3 Рад у часопису националног значаја (M51)

1. Zivanovic, S., Glavonjic, M., **Dimic, Z.**, "METHODOLOGY FOR CONFIGURING DESKTOP 3-AXIS PARALLEL KINEMATIC MACHINE", Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, FME Transactions, ISSN 1451-2092, Volume 37, No 3 (2009), pp. 107-115

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

1. **Димић, З.**, "СИСТЕМСКИ СОФТВЕР ЗА УПРАВЉАЊЕ ТРООСНОМ ГЛОДАЛИЦОМ СА ПАРАЛЕЛНОМ КИНЕМАТИКОМ", 27. симпозијум НУ - Роботи - ФТС, Зборник радова, ISBN 86-7083-508-8, стр.3.12-3.15, Машински факултет, Београд, Златибор, април 2005.
2. Живановић, С., **Димић, З.**, "УПРАВЉАЊЕ МОДЕЛА ТРООСНЕ МАШИНЕ СА ПАРАЛЕЛНОМ КИНЕМАТИКОМ ПН 101 НА БАЗИ ЕМС СИСТЕМСКОГ СОФТВЕРА", 33. ЈУПИТЕР конференција, 29. симпозијум НУ-Роботи-ФТС, Зборник радова, ISBN 978-86-7083-592-4, стр.3.19-3.24, Машински факултет, Београд-Златибор, мај 2007.
3. Главоњић, М., Милутиновић, Д., Живановић, С., **Димић, З.**, "КОНФИГУРАЦИЈА ЈЕДНЕ ХИБРИДНЕ ПЕТООСНЕ МАШИНЕ", 33. ЈУПИТЕР конференција, 29. симпозијум НУ-Роботи-ФТС, Зборник радова, ISBN 978-86-7083-592-4, стр.3.1-3.6, Машински факултет, Београд-Златибор, мај 2007.
4. **Димић, З.**, Живановић, С., Квргић, В., "КОНЦЕПТ РАЗВОЈА СНС УПРАВЉАЊА ЗА МАШИНЕ АЛАТКЕ СПЕЦИФИЧНЕ КОНФИГУРАЦИЈЕ НА БАЗИ ЕМС СОФТВЕРА", 34. ЈУПИТЕР конференција, 30. симпозијум НУ-Роботи-ФТС, Зборник радова, ISBN 978-86-7083-628-0, стр.3.19-3.26, Машински факултет, Београд, јун 2008.
5. Главоњић, М., Живановић, С., Милутиновић, Д., **Димић, З.**, "ЕДУКАЦИОНА ТРООСНА МАШИНА СА ПАРАЛЕЛНОМ КИНЕМАТИКОМ", 34. ЈУПИТЕР конференција, 30. симпозијум НУ-Роботи-ФТС, Зборник радова, ISBN 978-86-7083-628-0, стр.3.27-3.34, Машински факултет, Београд, јун 2008.
6. **Димић, З.**, Живановић, С., Квргић, В., "КОНФИГУРИСАЊЕ ЕМС2 ЗА ПРОГРАМИРАЊЕ И СИМУЛАЦИЈУ ВИШЕОСНИХ МАШИНА АЛАТКИ У РУТНОМ ВИРТУЕЛНОМ ГРАФИЧКОМ ОКРУЖЕЊУ", 32. Саветовање производног машинства са међународним учешћем, Зборник радова, ISBN 978-86-7892-132-2, стр.353-356, Факултет техничких наука Нови Сад, септембар 2008.

7. Милутиновић, Д., Главоњић, М., Живановић, С., **Димић, З.**, "МУЛТИФУНКЦИОНАЛНИ РЕКОНФИГУРАБИЛНИ ОБРАДНИ СИСТЕМ НА БАЗИ РОБОТА", 32.Саветовање производног машинства са међународним учешћем, Зборник радова, ISBN 978-86-7892-132-2, стр.369-372, Факултет техничких наука Нови Сад, септембар 2008.
8. Милутиновић, Д., Главоњић, М., Живановић, С., **Димић, З.**, Славковић, Н., "РАЗВОЈ РЕКОНФИГУРАБИЛНОГ ОБРАДНОГ СИСТЕМА НА БАЗИ РОБОТА", 33.Саветовање производног машинства са међународним учешћем, Зборник радова, ISBN 978-86-7083-662-4, стр.151-155, Машински факултет у Београду, јун 2009.
9. Милићевић, М., Видаковић, Ј., **Димић, З.**, Трговчевић, С., "САВРЕМЕНИ УПРАВЉАЧКИ СИСТЕМИ ОТВОРЕНЕ АРХИТЕКТУРЕ ЗА УПРАВЉАЊЕ МАШИНАМА АЛАТКАМА И РОБОТИМА", 36. ЈУПИТЕР конференција, 38. симпозијум УПРАВЉАЊЕ ПРОИЗВОДЊОМ У ИНДУСТРИЈИ ПРЕРАДЕ МЕТАЛА, Зборник радова, ISBN 978-86-7083-696-9, стр.4.41-4.46, Машински факултет, Београд, мај 2010.
10. Милутиновић, Д., Главоњић, М., Славковић, Н., **Димић, З.**, Живановић, М., "РЕКОНФИГУРАБИЛНИ ОБРАДНИ СИСТЕМ НА БАЗИ РОБОТА ЗА ВИШЕОСНУ ОБРАДУ ", 36. ЈУПИТЕР конференција, 32. симпозијум НУ-Роботи-ФТС, Зборник радова, ISBN 978-86-7083-696-9, стр.3.11-3.21, Машински факултет, Београд, мај 2010.
11. **Димић, З.**, Главоњић, М., Милутиновић, Д., Живановић, С., Квргић, В., "УПРАВЉАЧКИ СИСТЕМ ОТВОРЕНЕ АРХИТЕКТУРЕ ЗА УПРАВЉАЊЕ ТРООСНЕ МАШИНЕ СА ПАРАЛЕЛНОМ КИНЕМАТИКОМ", 37. ЈУПИТЕР конференција, 33. симпозијум НУ-Роботи-ФТС, Зборник радова, ISBN 978-86-7083-724-9, стр.3.7-3.19, Машински факултет, Београд, мај 2011.

1.3.5 Projekti – Tehnička rešenja

1. Проф. др Милош Главоњић, проф. др Драган Милутиновић, др Владимир Квргић, дипл. маш. инж, **Зоран Димић дипл. инж. ел**, мр Саша Живановић, дипл. маш. инж, "ТРООСНА ВЕРТИКАЛНА ГЛОДАЛИЦА СА ПАРАЛЕЛНОМ КИНЕМАТИКОМ", Техничко решење (2006).
2. Др Владимир Квргић, дипл. маш. инж, др Мирко Бућан, дипл. инж. маш, **Зоран Димић, дипл. инж. ел**, мр Срећко Манасијевић, дипл. инж. мет, Владимир Чарапић, дипл. маш. инж, "ХОРИЗОНТАЛНА БУШИЛИЦА ГЛОДАЛИЦА *HVG 130 OS*", Техничко решење (2008).
3. Др Владимир Квргић, дипл. маш. инж, **Зоран Димић, дипл. инж. ел.**, Марија Милићевић, дипл. инж.ел, Војкан Цвијановић, дипл. инж. инф, др Драгомир Илић, дипл. инж, др Александра Ж. Павасовић, дипл. инж. ел, "УПРАВЉАЧКА ЈЕДИНИЦА ОТВОРЕНЕ АРХИТЕКТУРЕ ЗА УПРАВЉАЊЕ МАШИНАМА АЛАТКАМА И РОБОТИМА", Техничко решење (2009).
4. Проф. др Драган Милутиновић, Проф. др Милош Главоњић, Никола Славковић, дипл. инг. маш, **Зоран Димић, дипл. инг. ел**, мр Бранко Кокотовић, дипл. инг. маш, мр Саша Живановић, дипл. инг. маш, "РЕКОНФИГУРАБИЛНИ ОБРАДНИ СИСТЕМ НА БАЗИ РОБОТА ЗА ВИШЕОСНУ ОБРАДУ ДЕЛОВА ВЕЋИХ ГАБАРИТА СА СЛОЖЕНИМ ЕСТЕТСКИМ И ФУНКЦИОНАЛНИМ ПОВРШИНАМА ОД МЕКШИХ МАТЕРИЈАЛА СРЕДЊЕ И НИЖЕ КЛАСЕ ТАЧНОСТИ", Техничко решење (2009/2010).

1.4 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

- Досадашњим истраживачким активностима кандидат је испољио висок ниво заинтересованости и способности за бављење научним и истраживачким радом.
- Публиковани радови у међународним и домаћим часописима и на међународним и домаћим скуповима указују на изразити смисао кандидата да се самостално или као део тима бави теоријским и експерименталним истраживањима.

Објављени радови и други набројани резултати кандидата су суштински повезани са научном облашћу којој припада предложена тема докторске дисертације, што по мишљењу Комисије квалификује кандидата за успешан и ефикасан теоријски и експерименталан рад на предложеној докторској дисертацији.

2. Предмет и циљ истраживања

2.1. Проблем и предмет истраживања

Истраживања која су планирана у оквиру предложене дисертације се односе на домен реконфигурабилних обрадних система на бази робота са серијском и паралелном кинематиком за вишеосну обраду глодањем делова од мекших материјала, већих габарита, ниже и средње класе тачности, са сложеним функционалним и естетским површинама.

У ужем смислу, планирана истраживања су усмерена на развој реконфигурабилног система управљана отворене архитектуре, тако да је могуће програмирање применом G-кода, по стандарду *EIA RS-274D*, генерисаног савременим *CAD/CAM* системима користећи и методе реверзног инжењерства.

Управљање отворене архитектуре (*Open architecture control - OAC*) је широко прихваћен приступ у области управљања машинама алаткама, а у последње време и роботима. Данашњи комерцијални управљачки системи, декларисани као системи отворене архитектуре, су базирани на специфичним и недоступним управљачким алгоритмима и заштићеном софтверу произвођача. Међутим, они су по правилу предимензионирани у погледу функција које се нуде и без могућности су да корисник самостално реконфигурише систем. Из ових разлога се данас као императив у развоју реконфигурабилних обрадних система намеће потреба и за реконфигурабилним управљачким системом отворене архитектуре, који може бити конфигурисан и од стране корисника.

Планирана истраживања, у оквиру предложене докторске дисертације, по садржају обухватају неколико актуелних истраживачких тема које се односе на: моделирање структура обрадних система нове генерације, конфигурисање хардверских и софтверских модула обрадних система на бази серијских и паралелних робота и на пројектовање реконфигурабилних управљачких система отворене архитектуре на бази постојећих *open-source*, *real-time* софтверских библиотеке и алата.

2.2. Циљеви и опсег истраживања

Општи научни циљ дисертације је развој методе пројектовања реконфигурабилних управљачких система отворене архитектуре који подразумева:

- Развој методе конфигурисања хардверских и софтверских модула обрадних система на бази робота са серијском и паралелном кинематиком и развој метода кинематичког моделирања оваквих реконфигурабилних обрадних система;
- Развој методе софтверске и хардверске имплементације кинематичких модула оваквих реконфигурабилних обрадних система, применом постојећих *open-source*, *real-time* софтверских алата и библиотека, тако да се омогући програмирање применом G-кода, по стандарду *EIA RS-274D*, генерисаног савременим *CAD/CAM* системима користећи и методе реверзног инжењерства;

2.3. Значај истраживања и осврт на релевантне библиографске изворе и остварене резултате

Већи број истраживачких пројеката покренутих у САД, Јапану и ЕУ се односи на истраживања реконфигурабилних система управљања отворене архитектуре у области индустријских робота и машина алатки са серијском и паралелном кинематиком. Даље се наводе само неки од важнијих радова и књига које са различитих аспеката третирају ову проблематику и које су имале утицаја на покретање истраживања предвиђених у овој докторској дисертацији.

- [1] Koren, Y., Shpitalni, M.(2010). Design of reconfigurable manufacturing system. *Journal of Manufacturing Systems* 29, 130-141.
- [2] Katz, R., Yook, J., Koren, Y.(2010). Control of Non-Orthogonal Reconfigurable Machine Tool. *ACME Journal of Dynamics, Measurement, and Control*, Vol.126, 397-405.
- [3] Brecher, C., Verl, A., Lechler, A., & Servos, M. (2010). Open control systems: state of the art. *German Academic Society for Production Engineering* , 247–254.
- [4] Moriwaki, T. (2008). Multi-functional machine tool. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 57, 736-749.
- [5] DePree J., Gesswein C .(2008) Robotic machining white paper project-Halcyon Development, <http://www.halcyondevelop.com>
- [6] Brogardh, T. (2007). Present and future robot control development—An industrial perspective. *Annual Reviews in Control* 31 , 69–79.
- [7] Gu, J. S., & de Silva, C. W. (2004). Development and implementation of a real-time open-architecture control system for industrial robot systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 17 , 469–483.
- [8] Landers, R., Min, B., & Koren, Y. (2001). Reconfigurable Machine Tools. *CIRP Annals Manufacturing Technology* , 269-274.
- [9] Pritschow, G., Altintas, Y., Jovane, F., Koren, Y., Mitsuishi, M., Takata, S., et al. (2001). Open Controller Architecture - Past, Present and Future. *Annals of the CIRP* , 463 - 470.
- [10] Oldknow, K. D., & Yellowley, I. (2001). Design, implementation and validation of a system for the dynamic reconfiguration of open architecture machine tool controls. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 41 , 795–808.
- [11] Teltz, R. W., & Elbestawi, M. A. (1997). Design basis and implementation of an open architecture machine tool controller. *Transactions of NAMRI/SME XXV* , 229–304.

- [12] Pan Z., Zhang H. (2008) Robotics machining from programming to process control: a complete solution by force control. *Ind Robot Int J* 35(5):400–409
- [13] Abele E., Weigold M., Rothenbucher S. (2007) Modeling and identification of an industrial robot for machining applications. *Annals of the CIRP* 56(1):387–390.
- [14] Li W., Red E., Jensen G., Evans M. (2007) Reconfigurable mechanisms for application control (RMAC): applications. *Comp Aided Des Appl* 4(1–4):549–556
- [15] Pires M.J. (2007) *Industrial Robot Programming*, Springer
- [16] Shin S.J., Suh S.H., Stroud I. (2007) Reincarnation of G-code based part programs into STEP-NC for turning applications. *Comput-Aided Des* 39:1–16.
- [17] Sciavicco L., Siciliano B., (2005) *Modelling and Control of Robot Manipulators*, Springer
- [18] Merlet J.-P. (2000) *Parallel Robots*, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands
- [19] Rehg J.A. (2000) *Introduction to Robotics in CIM Systems*, 4th ed., Prentice Hall
- [20] Lee R.S., She C.H. (1997) Developing a postprocessor for three types of five-axis machine tools. *Int J Adv Manuf Technol* 13 (9):658–665.

3. Полазне хипотезе

Примена индустријских робота за вишеосну обраду делова од мекших материјала, већих габарита, ниже и средње класе тачности, са сложеним функционалним и естетским површинама, данас је увелико препозната као успешна алтернатива 5-осним машинама алаткама. Интензивна истраживања, која се данас спроводе у свету, односе се на развој нових система управљања и програмирања робота са серијском и паралелном кинематиком, који треба да омогуће примену робота у обради по методологији за машине алатке.

Одабрано је следећих седам хипотеза, са којима се започиње истраживање у овој докторској дисертацији:

- Да је постојећим приступима пројектовања модуларних и реконфигурабилних обрадних система могуће конфигурисати различите структуре обрадних система на бази робота, комбинујући кинематичке моделе серијских робота вертикалне зглобне конфигурације са додатним обртним и транслаторним осама за изабране класе делова;
- Да је, с обзиром на модуларност и реконфигурабилност паралелних механизма са оснаженим транслаторним и обртним зглобовима и константним дужинама спојки, која проистиче из њихове дефиниције, могуће конфигурисати различите структуре хибридних машина са додатним обртним и транслаторним серијским осама;
- Да је могуће ефикасно кинематичко моделирање оваквих реконфигурабилних обрадних система за случајеве 3-осне, 4-осне, (3+2)-осне и 5-осне обраде глодањем, по конвенцијама за машине алатке, у циљу програмирања применом G-кода, по стандарду *EIA RS-274D*, генерисаног савременим *CAD/CAM* системима користећи и методе реверзног инжењерства;

- Да је избором типа и димензија вектора спољашњих координата, односно позиције алата и/или радног предмета, могуће конфигурисање потребних оса за захтеване случајеве обраде;
- Да је за специфичне потребе могуће укључити и редундантне осе за обраду делова већих димензија и/или избегавање колизија при обради мање приступачних површина;
- Да је могуће развити морфолошку методу за концепцијско пројектовање реконфигурабилних управљачких система отворене архитектуре на бази постојећих *open-source*, *real-time* софтверских библиотека и алата;
- Да је за овакве кинематичке моделе реконфигурабилних обрадних система могуће развити ефикасне алгоритме управљања.

4. Научне методе истраживања

У припреми за израду ове дисертације извршена је припрема ресурса тако да се могу применити следеће научне методе истраживања:

- Методе пројектовања модуларних, реконфигурабилних и мултифункционалних обрадних система;
- Методе кинематичког моделирања серијских и паралелних робота;
- *CAD/CAM* за пројектовање делова и технологија за њихову израду;
- Методе управљања и програмирања машина алатки и робота;
- Методе за развој виртуелних обрадних система у циљу симулације и верификације;
- Метода пројектовања објектно оријентисаног софтвера;
- Метода конфигурисања модуларних хардверских система на бази отворене *PC* архитектуре;
- Методе испитивања серво система;
- Методе софтверске и хардверске имплементације кинематичких и динамичких модела серијских и паралелних робота;
- Методе испитивања машина алатки и робота;

5. Очекивани научни допринос

Према постављеним хипотезама, очекивани научни резултати истраживања у овој дисертацији су:

- Метода структурисања обрадних система нове генерације;
- Метода конфигурисања хардверских и софтверских модула обрадних система на бази серијских и паралелних робота за дату класу делова;
- Метода кинематичког моделирања реконфигурабилних обрадних система на бази робота са серијском и паралелном кинематиком;

- Метода пројектовања реконфигурабилних управљачких система отворене архитектуре на бази постојећих *open-source*, *real-time* софтверских библиотека и алата.

Очекивани стручни резултати су:

- Обрадни систем на бази 5-осног робота вертикалне зглобне конфигурације са новим реконфигурабилним управљачким системом отворене архитектуре, који се програмира помоћу G-кода по стандарду *EIA RS-274D*, генерисаног савременим *CAD/CAM* системима, користећи и методе реверзног инжењерства;
- Реконфигурабилан технолошки систем са два индустријска робота и трансляторном осом са обртним столом.

6. План истраживања и структура рада

У оквиру дисертације, која се односи на управљачке системе отворене архитектуре реконфигурабилних роботских обрадних система, планирана су теоријска и експериментална истраживања која обухватају следеће фазе:

- Преглед и анализа резултата истраживања у области модуларних, реконфигурабилних и мултифункционалних обрадних система на бази робота;
- Анализа структура и конфигурације обрадних система на бази робота;
- Кинематичко моделирање реконфигурабилних обрадних система на бази робота са серијском и паралелном кинематиком;
- Развој ефикасних алгоритама управљања за постављене кинематичке моделе реконфигурабилних обрадних система на бази робота;
- Развој морфолошке методе за концепцијско пројектовање реконфигурабилних управљачких система отворене архитектуре на бази постојећих *open-source*, *real-time* софтверских библиотека и алата;
- Имплементација постављене методе пројектовања и развијених управљачких алгоритама;
- Експериментална верификација резултата;
- Анализа и дискусија остварених резултата.

Оквирна структура рада се може представити следећим целинама:

- ♦ Уводна разматрања
- ♦ Преглед и анализа стања истраживања и развоја у области обрадних система на бази робота
- ♦ Концепције обрадних система на бази робота са серијском и паралелном кинематиком
- ♦ Кинематичко моделирање и управљачки алгоритми
- ♦ Морфолошка метода за концепцијско пројектовање реконфигурабилних управљачких система отворене архитектуре
- ♦ Експериментална верификација
- ♦ Закључак
- ♦ Литература
- ♦ Прилози

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Анализом релевантних података из пријаве кандидата Зорана Димића, дипл. инж. ел, Комисија закључује да је предложена тема изузетно актуелна и посебно подобна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све законом предвиђене услове и истраживачке квалификације за рад на докторској дисертацији.

Имајући у виду наведено, Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату

Зорану Димићу, дипл. инж. ел.

одобри израду докторске дисертације под називом:

УПРАВЉАЧКИ СИСТЕМ ОТВОРЕНЕ АРХИТЕКТУРЕ РЕКОНФИГУРАБИЛНИХ РОБОТСКИХ ОБРАДНИХ СИСТЕМА

у научној области Машинство.

За ментора за рад на овој дисертацији предлаже се проф. др Драган Милутиновић, редовни професор на Катедри за Производно машинство Машинског факултета Универзитета у Београду.

Београд, 11.1.2012. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Проф. др Драган Милутиновић, ментор

Проф др Мирослав Пилиповић

Проф. др Милош Главоњић

Проф. др Вељко Поткоњак, Електротехнички
факултет, Београд

др Владимир Квргић, научни сарадник Лола
института

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Зорана Димића, дипл. инж. ел.

Име и презиме ментора: Драган Милутиновић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Milutinovic D., Glavonjic M., Kvrpic V., Zivanovic S., „A new 3-DOF spatial parallel mechanism for milling machines with long X travel“, CIRP Annals-Manufacturing Technology, (2005), vol. 54 br. 1, str. 345-348, ISSN 0007-8506, doi: 10.1016/S0007-8506(07)60119-X, if. 0.891.
2. Glavonjic M., Milutinovic D., „Parallel structured milling machines with long X travel“, Robotics and Computer-integrated Manufacturing, (2008), vol. 24 br. 3, str. 310-320, ISSN 0736-5845, doi:10.1016/j.rcim.2006.12.001, if. 1.371.
3. Glavonjic M., Milutinovic D., Zivanovic S., „Functional simulator of 3-axis parallel kinematic milling machine“, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2009), vol. 42 br. 7-8, str. 813-821, ISSN 0268-3768, doi: 10.1007/s00170-008-1643-x, if. 1.128.
4. Glavonjic M., Milutinovic D., Zivanovic S., Dimic Z., Kvrpic V., „Desktop 3-axis parallel kinematic milling machine“, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2010), vol. 46 br. 1-4, str. 51-60, ISSN 0268-3768, doi: 10.1007/s00170-009-2070-3, if. 1.071.
5. Milutinovic D., Glavonjic M., Slavkovic N., Dimic Z., Zivanovic S., Kokotovic B., Tanovic Lj., „Reconfigurable robotic machining system controlled and programmed in a machine tool manner“, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2011), vol. 53 br. 9-12, str. 1217-1229, ISSN 0268-3768, doi: 10.1007/s00170-010-2888-8, if. 1.071 za 2010.

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

- ☒ **А)** 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, ANCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 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 M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

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.
