

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

297/2
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)09.02.2017.
(Датум)

З А Х Т Е В
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

АДАПТИВНА АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛИГЕНТНИХ ТЕХНОЛОШКИХ СИСТЕМА
ЗАСНОВАНА НА АГЕНТИМА

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Производно машинство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: ЈЕЛЕНА (БРАНИСПАВ) ПЕТРОНИЈЕВИЋ
2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд
3. Година дипломирања: 2011.
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: 2012.Обавештавамо Вас да је _____
Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 09.02.2017
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

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: 297/2
Датум: 09.02.2017. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Јелене Петронијевић**, дипл. инж. маш.-мастер, бр. 2126/1 од 26.09.2016. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Бојан Бабић, ред. проф., др Зоран Миљковић, ред. проф., др Живана Јаковљевић, ванр. проф., др Саша Живановић, ванр. проф. и др Милан Зељковић, ред. проф., ФТН Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, број 297/1 од 06.02.2017. године, а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 09.02.2017. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **ЈЕЛЕНА ПЕТРОНИЈЕВИЋ**, дипл. инж. маш. - мастер испуњава услове за израду докторске дисертације **«АДАПТИВНА АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛИГЕНТНИХ ТЕХНОЛОШКИХ СИСТЕМА ЗАСНОВАНА НА АГЕНТИМА»**.

За ментора студенту **Јелени Петронијевић**, именује се др Бојан Бабић, ред. проф.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

Предмет: Извештај Комисије за подношење извештаја о прихватању теме докторске дисертације **Јелене Петронијевић, дипл.инж.маш.-мастер** по одлуци Наставно-научног већа број 2126/3 од 20.10.2016. године.

На основу поднете пријаве за израду докторске дисертације Јелене Петронијевић, дипл.инж.маш.-мастер број 2126/1 од 26.09.2016. године, дате сагласности Наставничког колегијума Катедре за производно машинство број 2126/2 од 12.10.2016. године и Одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 2126/3 од 20.10.2016. године именовани смо за чланове Комисије за подношење извештаја о прихватању теме докторске дисертације докторанткиње Јелене Петронијевић, дипл.инж.маш.-мастер. Увидом у документацију, коју је докторанткиња Јелене Петронијевић, 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**

Адаптивна архитектура интелигентних технолошких система заснована на агентима

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТКИЊИ

1.1. Општи биографски подаци

Јелена (Бранислав) Петронијевић, дипл.инж.маш.-мастер, рођена је 19.03.1987. године у Београду, Република Србија. Основну школу „Лаза Костић“ („Седам секретара СКОЈ-а“) завршила је 2002. године са одличним успехом (5.00/5.00). Десету гимназију „Михајло Пупин“ завршава 2006. године са одличним успехом (5.00/5.00).

Машински факултет Универзитета у Београду уписала је школске 2006/2007. године. Основне академске студије (B.Sc.) завршила је 2009. године са просечном оценом 10.00/10.00. Дипломске академске студије (M.Sc.) на Катедри за производно машинство Машинског факултета Универзитета у Београду уписала је школске 2009/2010. године. Дипломски (M.Sc.) рад на тему „Пројектовање и развој информационог подсистема за планирање и управљање одржавањем на платформи ORACLE-а“ одбранила је 2011. године оценом 10 завршивши тиме поменуте студије са просечном оценом 10.00/10.00.

Докторске студије уписује школске 2012/2013. године. Положила је са оценом 10 све испите предвиђене Програмом усавања и 14.09.2016. године одбранила Пројекат идеје докторске дисертације. Школске 2016/2017. године уписана је на Мастер 2 студије на l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Metiers ParisTech у Паризу у Француској из области „Design, Industrialization,

Risk, Decision-Making“, специјалност „Knowledge Integration in Mechanical Production“, усмерење „Design and Manufacturing“.

Научно-истраживачки рад Јелене Петронијевић током Докторских студија резултовао је објављивањем два рада у водећим часописима националног значаја, 6 радова на скуповима међународног значаја, три рада на скуповима националног значаја и пет техничких решења.

Током студија Јелена Петронијевић била је добитник награда за успех у школовању. За одлучан успех у основној школи и гимназији награђена је дипломама „Вук Стефановић Караџић“. За матурски рад награђена је другом наградом на Конкурсу за најбољи матурски рад о Београду. Носилац је похвале Машинског факултета Универзитета у Београду за најбољег студента на првој, другој и трећој години Основних академских студија (B.Sc.). Носилац је похвале Машинског факултета Универзитета у Београду за најбољег дипломираног студента на Основним академским студијама (B.Sc.) школске 2008/2009. године. На Дипломским академским студијама (M.Sc.) носилац је похвале Машинског факултета Универзитета у Београду за одличан успех на првој години Дипломских академских студија (M.Sc.) школске 2009/2010. године. Током школовања Јелена Петронијевић била је и носилац стипендија. Школске 2007/2008. године била је носилац стипендије Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Носилац је стипендије града Београда за 2009. и 2010. годину. Школске 2010/2011. године била је носилац стипендије „Доситеја“ Фонда за младе таленте Републике Србије. Влада Француске додељује јој стипендију за Мастер 2 студије у Француској за школску 2016/2017. годину.

Јелена Петронијевић поседује вишегодишње радно искуство. Од фебруара 2012. до марта 2013. године ради као практикант специјалисте за количинско лиценцирање у Microsoft Software ДОО. У истој компанији наставља да ради као екстерни сарадник до краја децембра 2013. године. Јула 2013. године започиње радни однос асистента са пуним радним временом на Катедри за производно машинство Машинског факултета Универзитета у Београду где је запослена и данас. Такође, као истраживач-сарадник запослена је 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). Од децембра 2013. године до данас члан је Комисије за маркетинг Машинског факултета Универзитета у Београду. Почевши од октобра 2015. године до данас секретар је Катедре за производно машинство Машинског факултета Универзитета у Београду. Од децембра 2015. године до данас секретар је Центра за квалитет наставе и акредитацију Машинског факултета Универзитета у Београду. Обављала је позицију практиканта у области *Lean* пословања почевши од марта 2016. године до септембра исте године у компанији Robert Bosch ДОО.

Почевши од школске 2012/2013. године до данас Јелена Петронијевић учествује у извођењу наставе на Мастер студијама Машинског факултета у Београду и то као студент Докторских студија на предмету Рачунарски интегрисани системи и технологије (M.Sc.). Од школске 2013/2014. године учествује у извођењу наставе као сарадник у звању асистента на следећим предметима Катедре за производно машинство: Рачунарски интегрисани системи и технологије (M.Sc.), Производни информациони системи (M.Sc.), Аксиоматске методе (M.Sc.), Интелигентни технолошки системи (M.Sc.), Методе одлучивања (MSc), Технологија машинске обраде (BSc) и Компјутерска симулација и вештачка интелигенција (BSc). За свој педагошки рад за школску 2013/2014. годину остварила је оцену 4,97 (од 5,00), док је за школску 2014/2015. годину остварила оцену 4,87 (од 5,00) према мишљењу студената на Анкети о вредновању наставе по предметима од стране студената, за наставнике и сараднике.

Од осталих активности може се издвојити неколико следећих. Јелена Петронијевић активно се бавила ритмичком гимнастиком у Г.Д. „Палилула“ од 1994. до 2005. године. Током тог периода била је репрезентативка Србије у свим категоријама и вишеструки шампион државе. Активно учествује у раду Г. Д. „Палилула“ и у тренерском раду од 2005. године до данас. Судија је ритмичкој гимнастици од 2005. године до данас и тренутно поседује највиши национални

судијски ниво. Од 2005. године једна је од вођа организационог тима турнира у ритмичкој гимнастици „Палилила куп“. Члан је логистичког тима који је учествовао у организацији Универзијаде у Београду 2009. године. Поседује одслушан курс "Technical Course for Coaches in Rythmic Gymnastics 2011/Serbia" одржан од 14. до 20. јуна 2011. у организацији Олимпијског комитета Србије, а под покровитељством Међународног олимпијског комитета. Године 2016. завршила је курс за оперативног тренера у ритмичкој гимнастици при Факултету спорта и физичког васпитања Универзитета у Београду. Наступала у првој постави представе „Магбет/Оно“ у режији Соње Вукићевић, Центра за културну деконтаминацију (ЦЗКД). Била је члан Омладинског клуба Музеја савремене уметности у Београду. Радионичар је у "Школи пријатељства" хуманитарне организације "Наша Србија" од 2007. године до данас

Познавање страних језика

- Активно знање енглеског (потврда TOEFL IBT)
- Активно знање руског (потврда о одслушаном курсу на Государственном институте русского лзыка им. А. С. Пушкина)
- Пасивно, основно, знање француског језика.

Познавање рада на рачунару

- Познавање рада на рачунару укључује напредно коришћење следећих софтверских пакета: Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, Access, Visio), Internet, Oracle, AnyLogic, AutoCAD, SolidWorks, MatLab, Photoshop.

Истраживачке области

- Производно машинство, Рачунарски интегрисани системи и технологије, Интелигентни технолошки системи, Моделирање и симулација, Технологије засноване на агентима, Технологије машинске обраде.

1.2 Активности на докторским студијама

Кандидаткиња Јелена Петронијевић, дипл.инж.маш.-мастер, уписала је Докторске студије на Машинском факултету у Београду школске 2012/2013. 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 Слободан Радојевић	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>Истраживање и публикување 1</i>	Проф. др Бојан Бабић	10	10 (десет)

Други семестар Докторских студија

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
<i>Одабрана поглавља из механике (о*)</i>	Проф. др Зоран Митровић	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>Истраживање и публикавање 2</i>	Проф. др Бојан Бабић	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>Истраживање и публикавање 3</i>	Проф. др Бојан Бабић	20	10 (десет)

Четврти семестар Докторских студија

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
<i>Истраживање и публикавање 4</i>	Проф. др Бојан Бабић	8	10 (десет)
<i>Пројекат идеје докторске дисертације</i>	Проф. др Бојан Бабић	22	10 (десет)

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

Јелена Петронијевић 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 Јелене Петронијевић на Машинском факултету у Београду, реализовани кроз интензиван експериментални рад (Истраживање и публикавање 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 Пројекат идеје докторске дисертације). 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 11 објављених радова у часописима и на скуповима међународног и националног значаја, као и 5 техничких решења.

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 у часопису националног значаја (M51)

- [1] Petronijević, J., Petrović, M., Vuković, N., Mitić, M., Babić, B., Miljković, Z., **Integrated Process Planning and Scheduling Using Multi-Agent Methodology**, Applied Mechanics and Materials, Vol. 834, pp. 193-198, 2016
- [2] Petrović, M., Petronijević, J., Mitić, M., Vuković, N., Miljković, Z., Babić, B., **The Ant Lion Optimization Algorithm for Integrated Process Planning and Scheduling**, Applied Mechanics and Materials, Vol. 834, pp. 187-192, 2016

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

- [3] Petronijević, J., Petrović, M., Vuković, N., Mitić, M., Babić, B., Miljković, Z., **Multi-agent modeling for integrated process planning and scheduling**, Proceedings of the 12th International Scientific Conference MMA 2015 - Flexible technologies, pp. 301-304, Novi Sad, Serbia, 25-26 September, 2015
- [4] Petrović, M., Petronijević, J., Mitić, M., Vuković, N., Plemić, A., Miljković, Z., Babić, B., **The Ant Lion Optimization algorithm for flexible process planning**, Proceedings of the 12th International Scientific Conference MMA 2015 - Flexible technologies, pp. 301-304, Novi Sad, Serbia, 25-26 September, 2015
- [5] Petrović, M., Mitić, M., Vuković, N., Petronijević, J., Miljković, Z., Babić, B., **Modified Chaotic Particle Swarm Optimization Algorithm for Flexible Process Planning**, The 8th International Working Conference "Total Quality Management - Advanced and Intelligent Approaches", Published in Conference Proceedings (ISBN 978-86-7083-858- 1), pp. 221-228, and in International Journal *Advanced Quality* (ISSN 2217-8538), Vol. 43 No. 3, pp. 25-32, Belgrade, Serbia, 1st-5th June 2015.
- [6] Mitić, M., Vuković, N., Petrović, M., Petronijević, J., Diryag, A., Miljković, Z., **Bioinspired metaheuristic algorithms for global optimization**, Proceedings of the 5th International Conference on Information Society and Technology (ICIST 2015), pp. 38-42, Kopaonik, Serbia, 8-11 March, 2015.
- [7] Vuković, N., Mitić, M., Petrović, M., Petronijević, J., Miljković, Z., **Experimental Evaluation of Growing and Pruning Hyper Basis Function Neural Networks Trained with Extended Information Filter**, Proceedings of the 5th International Conference on Information Society and Technology (ICIST 2015), pp. 89-94, Kopaonik, Serbia, 8-11 March, 2015.
- [8] Petrović, M., Miljković, Z., Vuković, N., Babić, B., Petronijević, J., **Integration of Process Planning and Scheduling Using Modified Particle Swarm Optimization Algorithm**, Proceedings of the 5th International Conference on Manufacturing Engineering (ICMEN 2014), pp. 109-118, Thessaloniki, Greece, 1-3 October, 2014.

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

- [9] Петронијевић, Ј., Петровић, М., Вуковић, Н., Митић, М., Бабић, Б., Миљковић, З., **Мултиагентни и холон технолошки системи у пројектовању технолошких процеса и терминирању производње**, 40. ЈУПИТЕР Конференција, 36. симпозијум „НУ-РОБОТИ-ФТС“, Зборник радова - CD, стр. 3.63- 3.68, Београд, 17. мај 2016.
- [10] Петровић, М., Петронијевић, Ј., Митић, М., Вуковић, Н., Миљковић, З., Бабић, Б., **Интелигенција роја честица и теорија хаоса у интегрисаном пројектовању и терминирању флексибилних технолошких система**, 40. ЈУПИТЕР Конференција, 36. симпозијум „НУ-РОБОТИ-ФТС“, Зборник радова - CD, стр. 3.22-3.32, Београд, 17. мај 2014.
- [11] Петронијевић, Ј., Петровић, М., Бабић, Б., Миљковић, З., **Примена мултиагентних система и теорије ројева у оптимизацији флексибилних технолошких процеса**, 39. ЈУПИТЕР Конференција, 35. симпозијум „НУ-РОБОТИ-ФТС“, Зборник радова-CD, стр. 3.114-3.121, Београд, 28. октобар 2014.

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

- 1) Петронијевић, Ј., Петровић, М., Вуковић, Н., Митић, М., Бабић, Б, Миљковић, З., Мултиагентни систем за динамичко интегрисано планирање и терминирање производње
- 2) Петровић, М., Петронијевић, Ј., Митић, М., Вуковић, Н., Миљковић, З, Бабић, Б., Интегрисано пројектовање и терминирање технолошких процеса применом интелигенције роја честица и теорије хаоса
- 3) Петровић, М., Петронијевић, Ј., Вуковић, Н., Митић, М., Миљковић, З., Бабић, Б., Интегрисано пројектовање и терминирање оптималних флексибилних технолошких процеса базирано на мултиагентним системима и техникама вештачке интелигенције
- 4) Митић, М., Вуковић, Н., Петровић, М., Петронијевић, Ј., Миљковић, З., Лазаревић, И., Репродукција комплексних трајекторија мобилног робота на бази биолошки инспирисаних алгоритама
- 5) Петровић.М., Миљковић.З., Вуковић.Н., Бабић.Б., Петронијевић.Ј., Оптимизација флексибилних технолошких процеса применом хибридног метахеуристичког алгорита

1.3.5. Учесће у научно-истраживачким, стручним и образовно-развојним пројектима

- 1) Бабић, Б., Миљковић, З., Бугарић, У., Матија, Л., Бојовић, Б., Петронијевић, Ј., **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: ТР-35004, Београд, 2011–2017.

1.4 Оцена подобности кандидаткиње за рад на предложеној теми

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

Публиковани научни радови у часописима 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.* ТР-35004) и други набројани резултати Јелене Петронијевић, 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

Модерни технолошки системи, који припадају групи интелигентних технолошких система, сусрећу се са проблемима флексибилности планирања и управљања технолошким процесима. Миграција концепта тржишта окренутог производу до тржишта окренутог купцу доводи до промена захтева који се постављају пред технолошке системе. Масовна кастомизација производа заједно са *Just-in-Time* и *Lean* концептом производње ствара променљиво пословно окружење на које један технолошки систем мора одговорити. Индивидуализација производа доводи до појаве малих серија, краћих рокова и великих варијација у технолошким формама производа, што све директно утиче на флексибилност и продуктивност при планирању и терминирању технолошких процеса.

Докторском дисертацијом обухвата се проблем оптимизације планирања и управљања технолошким процесима. Поменути проблем сматра се тешким недетерминистичким

полиномним проблемом, а у зависности од тога који се ресурси разматрају при решавању истог, он може имати различит број могућих решења. Тако за n делова, m машина алатки и k оператера или алата, број могућих решења достиже $((n!)^m)^k$. Флексибилност при планирању и управљању технолошким процесима омогућена је применом алтернативних технолошких поступака којима се у проблем имплементирају и оперативна флексибилност, флексибилност секвенце и флексибилност процеса. Оперативном флексибилношћу омогућава се извођење обраде објеката међуоперационе манипулације на различитим машинама алаткама. Флексибилношћу секвенце процеса даје се могућност вршења обраде различитим редоследом, док се флексибилношћу процеса остварује алтернативна обрада једног геометријског примитива.

Акцент у раду ставља се на интегрисано планирање и управљање технолошким процесима. За скуп од n делова који се обрађују на машинама алаткама узимајући у обзир алтернативне технолошке ресурсе, потребно је одабрати одговарајући ресурс и технолошки процес са циљем дефинисања плана терминирања који поштује правила претхођења између обраде објеката међуоперационе манипулације и у којем су задовољени задати циљеви. Традиционална, секвенцијална, производња процесе планирања и терминирања посматра посебно што може довести до решења која нису оптимална. Наведени разлог један је од круцијалних за примену интегрисаног планирања и управљања. Такође, терминирање производње на основу фиксних технолошких процеса може узроковати неизбалансирана оптерећења ресурса са последичном појавом уских грла. Планирање технолошких процеса наглашава технолошке захтеве за обраду делова, док процес терминирања узима у обзир временски аспект и дељење заједничких ресурса. Ако не постоји координација при извођењу ова два процеса, различити циљеви који се пред функције постављају могу довести до конфликта. Интеграција фазе пројектовања и терминирања технолошких процеса доводи до постизања глобалног оптимума, али са друге стране значајно повећава простор решења.

Реални технолошки системи морају се посматрати кроз призму несигурности и динамике. Динамичке промене у реалном технолошком окружењу веома су честа појава. С једне стране, ове промене обухватају саме задатке које се стављају пред систем. С тим у вези, мора се пружити могућност додавања задатака, увођење промена на постојећим задацима или искључивања одређених задатака. С друге стране, ресурси самог система могу бити предмет промене. Одређени ресурси могу бити недоступни или додатни ресурси могу бити уведени. Треће, време потребно за извођење задатка и времена почетка извођења задатака променљива су. На крају, остале несигурности самог система, које могу бити разматране, укључују отказе машина, недостатке материјала, алата или људства и остале. Разматрани проблем се сматра динамичким терминирањем или терминирањем у реалном времену и од изузетног је значаја у реалним условима.

Научни циљ рада може се дефинисати израдом и верификацијом система за планирање и управљање технолошким процесима применом мултиагентне методологије. Наведеном методологијом је потребно је обухватити:

- Развој једног или више агента са циљем остварења флексибилности технолошког система кроз имплементацију оперативне флексибилности, флексибилности секвенце и флексибилности процеса.
- Развој мултиагентног система уз примену децентрализованог управљања за решавање проблема интегрисаног планирања и управљања технолошким процесима уз остварење различитих задатих циљева.
- Имплементацију динамичких промена и несигурности у развијени систем.
- Симулациону верификацију развијених метода.
- Експерименталну верификацију кроз примену холонских технолошког система са физичком репрезентацијом одређених објеката реалног технолошког система.

Мултиагентна методологија од свог развоја до данас примењује се у различитим областима, а нарочито у оним где је потребно у кратком временском року или чак у реалном времену остварити одзив на промене. Наведена карактеристика, заједно са чињеницом да ови системи обезбеђују и аутономност и децентрализовано управљање, привлачи пажњу великог броја истраживача који се баве планирањем и управљањем технолошких процеса. Издвојени литературни извори на које се ослања дисертација су следећи:

- [1] Koestler, A., *The Ghost in the Machine*, Arkana Books, London, 1969.
- [2] Gu, P., Balasubramanian, S., & Nome, D. H., Bidding-based process planning and scheduling in a multi-agent system. *Computers & Industrial Engineering*, 32(2), 477-496, 1997.
- [3] Parunak, H. V. D., Savit, R., Riolo, R. L., Agent-based modeling vs. equation-based modeling: A case study and users' guide. In *International Workshop on Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation*, 10-25, 1998.
- [4] Van Brussel, H., Wyns, J., Valckenaers, P., Bongaerts, L., Peeters, P., Reference architecture for holonic manufacturing systems: PROSA. *Computers in industry*, 37(3), 255-274, 1998.
- [5] Van Brussel, H., Bongaerts, L., Wyns, J., Valckenaers, P., Van Ginderachter, T., A conceptual framework for holonic manufacturing: identification of manufacturing holons. *Journal of Manufacturing systems*, 18(1), 35, 1999.
- [6] Shen, W., Norrie, D. H., Agent-based systems for intelligent manufacturing: a state-of-the-art survey. *Knowledge and information systems*, 1(2), 129-156, 1999.
- [7] McFarlane, D. C., Bussmann, S., Developments in holonic production planning and control. *Production Planning & Control*, 77(6), 522-536, 2000.
- [8] Karageorgos, A., Mehandjiev, N., Weichhart, G., Hammerle, A., *Agent-based optimisation of logistics and production planning*, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 16(4), 335-348, 2003.
- [9] Valckenaers, P., Van Brussel, H., Holonic manufacturing execution systems. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 54(1), 427-432, 2005.
- [10] Marik, V., McFarlane, D., Industrial adoption of agent-based technologies. *IEEE Intelligent Systems*, 20(1), 27-35, 2005.
- [11] Wong, T. N., Leung, C. W., Mak, K. L., Fung, R. Y., *Dynamic shop floor scheduling in multi-agent manufacturing systems*, Expert Systems with Applications, 31(3), 486-494, 2006.
- [12] Wong, T. N., Leung, C. W., Mak, K. L., Fung, R. Y. K., *Integrated process planning and scheduling/rescheduling — an agent-based approach*, International Journal of Production Research, 44(18-19), 3627-3655, 2006.
- [13] Shen, W., Hao, L., Yoon, H.J., Norrie, D.H.: *Applications of agent-based system in intelligent manufacturing: An updated review*, Advanced Engineering Informatics, 20, 415-431, 2006.
- [14] Shen, W., Wang, L., Hao, Q., *Agent-based distributed manufacturing process planning and scheduling: a state-of-the-art survey*, Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on, 36(4), 563-577, 2006.
- [15] Monostori, L., Vancza, J., Kumara, S. R., *Agent-based systems for manufacturing*, CIRP Annals-Manufacturing Technology, 55(2), 697-720, 2006.
- [16] Leitao, P., Colombo, A.W., *Petri net based methodology for the development of collaborative production systems*, Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA'06), Prague, Czech Republic, 819-826, 2006.
- [17] Leitao, P., *Agent-based distributed manufacturing control: A state-of-the-art survey*, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 22(7), 979-991, 2009.
- [18] Giret, A. Botti, V., *Engineering holonic manufacturing systems*, Computers in industry, 60(6), 428-440, 2009.
- [19] Giordani, S., Lujak, M., Martinelli, F., A decentralized scheduling policy for a dynamically reconfigurable production system, in: *Holonic and Multi-Agent Systems for Manufacturing*, Springer Berlin Heidelberg, 102-113, 2009.
- [20] Guo, Y. W., Li, W. D., Mileham, A. R., Owen, G. W., *Applications of particle swarm and optimization in integrated process planning and scheduling*, Robotics and Computer- Integrated Manufacturing, 25, 280-288, 2009.
- [21] Bal, M. and Hashemipour, M., Virtual factory approach for implementation of holonic control in industrial applications: A case study in die-casting industry, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 25(3), 570-581, 2009.
- [22] Zaeh, M.F., Reinhart, G., Ostgathe, M., Geiger, F. and Lau, C., *A holistic approach for the cognitive control of production systems*, Advanced Engineering Informatics, 24(3), 300-307, 2010.
- [23] 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), 1256-1264, **2010**.
- [24] 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), 1256-1264, **2010**.
- [25] Grimm, V., Berger, U., DeAngelis, D. L., Polhill, J. G., Giske, J., Railsback, S. F., *The ODD protocol: a review and first update*, Ecological modelling, 221(23), 2760-2768, **2010**.

- [26] Barbosa, J., Leitao, P., *Simulation of multi-agent manufacturing systems using agent- based modelling platforms*, Industrial Informatics (INDIN), 9th IEEE International Conference, 477-482, IEEE, Caparica, Lisbon, july, 2011.
- [27] Leitao, P., Barbosa, J., Trentesaux, D., *Bio-inspired multi-agent systems for reconfigurable manufacturing systems*, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 25(5), 934-944, 2012.
- [28] Jana, T.K., Bairagi, B., Paul, S., Sarkar, B., Saha, J., *Dynamic schedule execution in an agent based holonic manufacturing system*, Journal of Manufacturing Systems, 32(4), 801-816, 2013.
- [29] Kruger, K. and Basson, A.H., *Multi-Agent Systems vs IEC 61499 for Holonic Resource Control in Reconfigurable Systems*, Procedia CIRP, 7, pp.503-508, 2013.
- [30] He, N., Zhang, D. Z., Li, Q., *Agent-based hierarchical production planning and scheduling in maketo-order manufacturing system*, International Journal of Production Economics, 149, 117-130, 2014.
- [31] Jovanovic, M., Zupan, S., Starbek, M., Prebil, I., *Virtual approach to holonic control of the tyre-manufacturing system*, Journal of Manufacturing Systems, 33(1), 116-128, 2014.
- [32] Barbosa, J., Leitao, P., Adam, E., Trentesaux, D., *Dynamic self-organization in holonic multi-agent manufacturing systems: The ADACOR evolution*, Computers in Industry, 66, 99-111, 2015.

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Критичком анализом литературних извора, истиче се горући проблем одзива технолошких система на промене у окружењу и унутар самог система. Савремени технолошки системи ради обезбеђења конкурентности на тржишту морају бити у могућности да задржавајући задовољавајући однос цене и квалитета готових производа омогуће кастомизацију и израду малих серија производа уз поштовање задатих рокова купаца. Концепти који омогућују развој система са адекватном флексибилношћу, агилношћу и продуктивношћу за извршење претходно наведених циљева могу се сврстати у следеће полазне хипотезе докторске дисертације:

Хипотеза 1:

Децентрализовано управљање може отклонити проблеме слабог одзива на промене услед ригидности и централизоване управљачке структуре који се јављају у традиционалним системима управљања. Мултиагентна методологија може се применити у децентрализованом управљању остварујући жељену аутономност, знање, вештине, циљ, реконфигурабилност, робусност, укључивање, искључивање и поновну употребу елемената управљачког система.

Хипотеза 2:

Применом мултиагентне методологије могуће је развити систем агената који ће својим карактеристикама обезбедити жељену флексибилност и агилност уз задату продуктивност и искоришћење технолошког система.

Хипотеза 3:

Холонски технолошки системи могу мапирати технолошки систем при чему логичка јединица може бити изведена применом агената, док физичка јединица репрезентује неки од објеката реалног технолошког система.

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Проблем планирања и управљања технолошким процесима повлачи употребу више различитих метода у анализи, обради и поставци задатка истраживања, као и развоју предложених решења проблема. С тим у вези наводе се следеће методе:

- Алгебарска метода за репрезентацију обраде дела. У зависности од обухваћених елемената посматраног проблема (време обраде, припремно време, време транспорта и остало) овом методом се могу представити различити нивои комплексности.

- Метода AND/OR мреже за репрезентацију алтернативних планова технолошког процеса и флексибилности система. Почетни и крајњи чвор мреже представљају почетак и крај технолошког процеса. Сви остали чворови представљају операције са својим бројем, расположивим машинама и алатима за извођење обраде, као и одговарајућим временима обраде. На овај начин, кроз сваки чвор, изузев почетног и крајњег, дефинисане су флексибилност операција и флексибилност алата. Правила претхођења између операција дефинисана су стрелицама. Операције повезане стрелицама морају бити изведене у датом редоследу, док се OR-везе користе за представљање флексибилности процеса.
- Метода дистрибуираног управљања за обезбеђивање адекватног одзива на промене унутар система и у окружењу. Дистрибуираним приступом сложен проблем дели се на мање проблеме, од којих сваки може бити дефинисан као интелигентни блок, односно управљачка јединица. Глобалне одлуке у технолошком систему доносе се колаборацијом управљачких јединица.
- Методологија агената за дефинисање елемената технолошког система. Агент се дефинише као независна физичка или логичка компонента система способна да делује у складу са својим циљевима, као и да интерагује са другим агентима у случајевима када не поседује знања и вештине да самостално оствари задатак. Агент поседује одређени ниво интелигенције и могућност адаптације те може прилагодити своје понашање промени у окружењу без интервенције пројектанта.
- Мултиагентна методологија за извођење дистрибуираног управљања и технолошког система у целини. Мултиагентни системи представљају мрежу агената који интерагују и коминицирају међусобно. Свеобухватна оперативност мултиагентних система базирана је на организацији система која потиче од карактеристика индивидуалног агента. Организација дефинише сферу деловања агената, као и њихову интеракцију. Колаборација такође је једна од карактеристика мултиагентног система и односи се на деловање агената према остварењу заједничких циљева. Остварење координираног рада могуће је искључиво на основу постојања одређеног вида комуникације између агената.
- Симулациона метода за имплементацију мултиагентних система и верификацију рада технолошког система у виртуелном окружењу.
- Холонски технолошки системи за верификацију и имплементацију мултиагентне методологије у реалном окружењу. Сваки холон дефинисан је логичком јединицом за процесирање информација, уз постојање физичке јединице за одређене елементе технолошког система. Логичка структура холона имплементирана је применом агената.

На самом почетку решавања проблема планирања и управљања технолошким процесима потребно је извршити анализу и приказ система кроз алгебарско дефинисање процеса обраде и презентовање алтернативних технолошких процеса. Након тога врши се декомпозиција система уз примену дистрибуираног управљања и креирање агената за сваки од елемената система. Синтеза рада појединачних агената остварује се у мултиагентном систему, док се први корак верификације обавља у симулационом окружењу. На самом крају, врши се верификација рада применом холонских технолошких система.

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Научни допринос дисертације припада домену савремених технолошких система. Очекивани резултати обезбедили би напредак у области планирања и управљања технолошким процесима. На основу полазних хипотеза уз примену претходно наведених метода научни допринос може се приказати кроз три категорије:

- Развој методе децентрализованог управљања за проблем планирања и управљања технолошким процесима.
- Развој мултиагентног система за потребе планирања и управљања технолошким процесима, са посебним акцентом на интегрисано и динамичко планирање и управљање технолошким процесима.

- Развој модела холонског технолошког система за технолошки систем уз унапређење дефинисаних карактеристика постојећег система, а применом поменуте методологије.

Очекивани научни резултати су од изузетног значаја за даљи развој функција ИТС-а, пре свега са аспекта планирања и управљања технолошким процесима. 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

Истраживање у оквиру докторске дисертације обухвата 10 корака:

- Анализа постојећих проблема планирања и управљања технолошким процесима.
- Критичка анализа постојећих метода за решавање проблема планирања и управљања технолошким процесима.
- Анализа децентрализованих система уз критички осврт на примену поменутих система за проблеме планирања и управљања технолошким процесима.
- Анализа литературних извора који адресирају примену мултиагентне методологије за проблеме планирања и терминирања технолошких процеса.
- Анализа литературних извора који се баве применом холонских технолошких система.
- Развој мултиагентног система за проблеме планирања и управљања технолошким процесима, са посебним акцентом на интегрисано и динамичко планирање у управљање.
- Тестирање и верификација развијеног мултиагентног система у симулационом окружењу.
- Развој и имплементација холонског технолошког система уз примену мултиагентне методологије.
- Експериментална верификација развијеног система.
- Анализа и дискусија добијених резултата.

На основу дефинисаног плана истраживања, оквирна структура рада укључује следеће целине:

- Увод:
 - Савремени технолошки системи - интелигентни технолошки системи.
 - Планирање и управљање технолошким процесима.
 - Проблеми планирања и управљања технолошким процесима.
- Анализа литературних извора:
 - Методе и технике за решавање проблема планирања и управљања технолошким процесима.
 - Децентрализовани системи за планирање и управљање технолошким процесима.
 - Мултиагентни системи за планирање и управљање технолошким процесима.
 - Холонски технолошки системи за планирање и управљање технолошким процесима.
- Мултиагентни системи - дефиниција и карактеристике.
- Холонски технолошки системи - дефиниција и карактеристике.
- Мултиагентни систем за планирање и управљање технолошким процесима.
- Приказ резултата рада развијеног мултиагентног система у симулационом окружењу.
- Холонски технолошки систем за планирање и управљање технолошким процесима.
- Приказ резултата рада развијеног холонског технолошког система.
- Анализа резултата са дискусијом.
- Закључак.
- Литература.
- Прилог.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу анализе пријаве теме докторске дисертације Јелене Петронијевић, дипл.инж.маш. – мастер, архивиране под бројем 2126/1 од 26.09.2016. године, а сходно сагласности Наставничког колегијума Катедре за производно машинство број 2126/2 од 12.10.2016. године, као и одлуци Наставно-научног већа број 2126/3 од 20.10.2016. 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

Јелени Петронијевић, дипл.инж.маш.-мастер

одобри израда докторске дисертације са темом

Адаптивна архитектура интелигентних технолошких система заснована на агентима

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

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

Београд, 03.02.2017. год.

Чланови Комисије:

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

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

.....
Др Живана Јаковљевић, ванредни професор
Машински факултет у Београду

.....
Др Саша Живановић, ванредни професор
Машински факултет у Београду

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

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Др Бојан Бабић

Звање: Редовни професор

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Babić B., Axiomatic design of flexible manufacturing systems, International Journal of Production Research, ISSN: 0020-7543 Vol. 37, No. 5, (pp. 1159-1173), (1999) - **M21 (IF 0,512)**
2. Babic B.R, Nesic N., Miljkovic Z. (2008) A review of automated feature recognition with rule-based pattern recognition, COMPUTERS IN INDUSTRY, ISSN: 0166-3615 vol. 59, (4), pp. 321-337 – **M21 (IF 2,014)**
3. Babic B.R, Miljkovic Z, Vukovic N, Antic V (2012) Towards Implementation and Autonomous Navigation of An Intelligent Automated Guided Vehicle in Material Handling Systems, IRANIAN JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY-TRANSACTIONS OF MECHANICAL ENGINEERING, ISSN: 1028-6284, vol. 36, (M1), pp. 25-40 – **M22 (IF 0,719)**
4. Babic B.R, Nesic N, Miljkovic Z.(2011) Automatic feature recognition using artificial neural networks to integrate design and manufacturing: Review of automatic feature recognition systems, AI EDAM-ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ENGINEERING DESIGN ANALYSIS AND MANUFACTURING, ISSN: 0890-0604, vol. 25, (3), pp 289-304 - **M22 (IF 0,786)**
5. Miljkovic Z., Vukovic N., Mitic M., Babic B.R (2013) New hybrid vision-based control approach for automated guided vehicles, INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY, ISSN: 0268-3768 vol. 66, br. 1-4, str. 231-249 – **M21 (IF 1.779)**
6. Miljkovic Z., Mitic M., Lazarevic M., Babic B.R. (2013) Neural network Reinforcement Learning for visual control of robot manipulators, EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS, ISSN: 0957-4174, vol. 40, br. 5, str. 1721-1736 – **M21 (IF 1.965)**
7. Benisa M., Babic B.R., Grbovic A., Stefanovic Z. (2012) Computer-Aided Modeling of the Rubber-Pad Forming Process, MATERIALI IN TEHNOLOGIJE, ISSN: 1580-2949, vol. 46, br. 5, str. 503-510 – **M23 (IF 0.571)**

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
