

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

106/3
(Број захтева)Већу научних области техничких наука(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)09.02.2012.
(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

СИСТЕМ ПРЕПОЗНАВАЊА У ИНТЕЛИГЕНТНОМ РОБОТИЗОВАНОМ ТЕХНОЛОШКОМ ОКРУЖЕЊУ

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Производно машинство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: ИВАН (БОРИСЛАВ) ЛАЗАРЕВИЋ2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд3. Година дипломирања: 2000.4. Назив магистарске тезе кандидата: Развој интелигентног система надзора у специфичном технолошком постројењу5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: Машински факултет Београд6. Година одбране магистарске тезе: 2009.7. Назив Факултета на коме је кандидат завршио докторске студије: /Одсек, смер или група: /Година завршетка докторских студија: /Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 09.02.2012
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТАПроф.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:106/3
Датум:09.02.2012. године
Београд, Краљице Марије 16

На захтев мр Ивана Б. Лазаревића, дипл.инж.маш., бр. 3065/1 од 12.12.2011. године, извештаја Комисије у саставу: проф.др Зоран Миљковић, проф.др Драган Милутиновић, проф.др Бојан Бабић, доц.др Живана Јаковљевић, проф.др Милан Зељковић, ФТН Нови Сад бр. 106/2 од 07.02.2012. године, а на основу чл. 128. Закона о високом образовању, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници од 09.02.2012. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **«СИСТЕМ ПРЕПОЗНАВАЊА У ИНТЕЛИГЕНТНОМ РОБОТИЗОВАНОМ ТЕХНОЛОШКОМ ОКРУЖЕЊУ»** докторанта **Мр ИВАНА Б. ЛАЗАРЕВИЋА**, дипл.инж.маш.

За ментора докторанту **Мр Ивану Б. Лазаревићу**, 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 **мр Ивана Б. Лазаревића, дипл.инж.маш.** по одлуци Наставно-научног већа број 106/1 од 12.01.2012. године.

На основу поднете пријаве за израду докторске дисертације мр Ивана Б. Лазаревића, дипл.инж.маш. број 3065/1 од 12.12.2011. године, дате сагласности Катедре за производно машинство број 3190/1 од 22.12.2011. године и одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 106/1 од 12.01.2012. године именовани смо за чланове Комисије за подношење извештаја о прихватању теме докторске дисертације докторанта мр Ивана Б. Лазаревића, дипл.инж.маш. Увидом у документацију коју је докторант мр Иван Б. Лазаревић, дипл.инж.маш. приложио уз свој захтев за израду докторске дисертације, после разматрања Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

о прихватању теме докторске дисертације
под насловом

Систем препознавања у интелигентном роботизованом технолошком окружењу

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Општи биографски подаци

Мр Иван (Борислав) Лазаревић, дипл.инж.маш. рођен је 19. јула 1974. године у Београду, Република Србија. Основну школу и гимназију завршио је у Аранђеловцу.

На Машински факултет у Београду уписао се 1995. године, а дипломирао је 14. марта 2000. године на Одсеку за производно машинство са просечном оценом 8,21 (осам и 21/100). Успешно одбрањен дипломски рад из предмета Машине алатке (ментор: проф. др Милош Главоњић) под називом „Реконструкција вертикалног двовретенног копирног струга“ оцењен је највишом оценом 10 (десет). Уписао је последипломске магистарске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2000/2001. године, смер Производно машинство. После положених свих испита на магистарским студијама, 28. септембра 2009. године успешно је одбранио магистарску тезу под насловом „Развој интелигентног система надзора у специфичном технолошком постројењу“ (ментор: проф. др Зоран Миљковић).

По дипломирању одслужио је војни рок 2000/2001. године, завршивши Школу за резервне официре Војске Србије, и то као потпоручник у резервном саставу, род артиљерија.

Од 1. јула 2001.г. до 1. новембра 2006.г. био је запослен као *инжењер УГИ*, саветник у „ЈП Србијагас“, обављајући следеће послове: пројектовање унутрашњих гасних инсталација;

руковођење пројектима гасификације и дистрибуције, превентивног и корективног одржавања гасних објеката и система; изградња и контрола дистрибуционих система и гасних објеката; планирање набавке, испоруке и управљање залихама ПЕ елемената, итд.

Од 1. новембра 2006.г. до данас запослен је прво као *Territory Manager – Engineering*, а од октобра 2011.г. као *District Manager F&B - Србија*, у „Ecolab Hygiene d.o.o.” из Београда, обављајући следеће послове: планирање и управљање радом продајног и сервисног тима на подручју Србије; израда прогноза реализације, П&Л анализа; сарадња са корпоративним купцима; пројектовање, имплементација и одржавање инжењерских пројеката и пројеката из логистике; спровођење стратегије ECOLAB F&B Европа до 2016. године, уз дефинисање услова логистике T&W, итд.

Током вишегодишњег пројектантског рада, радивши на магистарској тези, у периоду од јуна 2003.г. до септембра 2007.г. хонорарно је обављао послове *пројектанта за системе производње воде и пића* у „Aqua-construction“ d.o.o. из Београда, имајући следеће одговорности: одабир процесних модула и пројектовање подсистема; решавање каблирања и рутирања; примена индустријске аутоматике - PLC програмирање, SCADA и имплементација HMI; инсталација и пројектовање LAN; обезбеђење комуникације између аквизиционих станица и постпроцесних јединица; програмирање и пројектовање надзорних система за HACCP.

Ангажован је на пројекту Владе Републике Србије – Министарства за просвету и науку, у области технолошког развоја (ев. ознака пројекта TP 35004, период 2011-2014.г.).

Објавио је више радова у зборницима радова научних скупова међународног и националног значаја, а коаутор је и три техничка решења – оригиналне методе и два софтвера.

Енглески језик: говори, чита, пише (C1 – European level; *Common European Framework of Reference (CEF) level* – URL [http://culture2.coe.int/portfolio/inc.asp?L=E&M=\\$t/208-1-0-1/main_pages/./&L=E&M=\\$t/208-1-0-1/main_pages/levels.html](http://culture2.coe.int/portfolio/inc.asp?L=E&M=$t/208-1-0-1/main_pages/./&L=E&M=$t/208-1-0-1/main_pages/levels.html)).

Немачки језик: пасивно знање (служи се).

Рад на рачунару: напредно коришћење (Одлично познавање и рад у програмским пакетима: SolidWorks, AutoCAD, COSMOS, Visual Nastran, VMNET, MapInfo - GIS, MS Office (Word, Excel, Access, Power Point и Project); Програмирање у *Visual Basic-y*; Рад у RDBS (mySQL, MS Access и MS SQL - ADO и ADOX)).

Истраживачке области: Производно машинство, Интелигентни технолошки системи, *Soft-computing*, Роботика и вештачка интелигенција, Компјутерска графика, Системи препознавања, Симулација и програмирање технолошких система, Аутономни системи и машинско учење.

Живи у Београду са супругом и два сина.

1.2 Подаци о магистратури

Тема: Развој интелигентног система надзора у специфичном технолошком постројењу
Област: Производне технологије
Ментор: др Зоран Миљковић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду
Факултет: Универзитет у Београду - Машински факултет
Датум одбране: 28. септембар 2009. године

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

1.3.1. Поглавље (M14) у монографији међународног значаја категорије M12 или рад у тематском зборнику међународног значаја:

- [1] Miljković,Z., Lazarević,I., **Control Strategy for Learning Industrial Robot Based on Artificial Neural Network System**, *Scientific paper* printed in „Advances in Systems, Signals, Control and Computers – SSCC'98“, Vol. III, Edited by Vladimir B. Bajić, Published by **IAAMSAD and the South African Branch of the Academy on Nonlinear Sciences (ISBN 0-620-23136-X)**, pp. 124-128, Durban-South Africa, September 1998.

1.3.2. Радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини:

- [2] Miljković,Z., Lazarević,I., **"ART-1 Simulator" for Identification of Objects in Robotics**, Proceedings of the International A.M.S.E. Conference on Contribution of Cognition to Modelling-CCM'98, pp. 5.48-5.51, Lyon-Villeurbanne, France, July 1998.
- [3] Lazarević,I., Miljković,Z., **Prediction of the Filter Life Cycle Based on Artificial Neural Networks**, Proceedings of the 11th Int. CIRP Life Cycle Engineering Seminar, pp. 131-137, Belgrade, Serbia, 2004.
- [4] Miljković,Z., Lazarević,I., Kalajdžić,M., **Forging Process Modeling by Using Finite Element Analysis**, Proceedings of the 2nd International Conference on Manufacturing Engineering (ICMEN 2005) and EUREKA Partnering Event, pp. 237-243, Greece, 2005.

1.3.3. Радови саопштени на скуповима националног значаја, штампани у целини:

- [5] Лазаревић,И., Миљковић,З., Бајовић,П., **Примена вештачких неуронских мрежа у моделирању и предвиђању отказа филтера у индустрији прераде воде**, 30. ЈУПИТЕР Конференција, 26. симпозијум „НУ-РОБОТИ-ФТС“, Зборник радова, стр. 3.119-3.122, Београд, 2004.
- [6] Лазаревић,И., Миљковић,З., **Моделирање процеса пластичног деформисања челичног прстена коришћењем софтвера SFTC-DEFORM 3D™**, 31. ЈУПИТЕР Конференција, 18. симпозијум „CAD-CAM“, Зборник радова, стр. 2.23-2.26, Златибор, 2005.
- [7] Лазаревић,И., Миљковић,З., **Примена OPC сервера у аквизицији стања технолошких система**, 32. ЈУПИТЕР Конференција, 28. симпозијум „НУ-РОБОТИ-ФТС“, Зборник радова, стр. 3.9-3.12, Златибор, 2006.
- [8] Нешић,Н., Бабић,Б., Миљковић,З., Лазаревић,И., **Софтвер за претпроцесирање улаза у вештачку неуронску мрежу у систему за технолошко препознавање призматичних делова**, 33. ЈУПИТЕР Конференција, 20. симпозијум „CAD-CAM“, Зборник радова - CD, стр. 2.79-2.87, Златибор, 2007.
- [9] Митић,М., Миљковић,З., Вуковић,Н., Лазаревић,И., **Концепцијско решење управљања мобилног робота у домену унутрашњег транспорта материјала интелигентног технолошког система**, 37. ЈУПИТЕР Конференција, 39. симпозијум „УПРАВЉАЊЕ ПРОИЗВОДЊОМ У ИНДУСТРИЈИ ПРЕРАДЕ МЕТАЛА“, Зборник радова - CD, стр. 4.23-4.28, Београд, 10-11. мај 2011.

1.3.4. Пројекти – Техничка и развојна решења, методе и софтвери:

- [1] Бабић,Б., Миљковић,З., Бугарић,У., Матија,Л., Бојовић,Б., Којић,Д., Вуковић,Н., Лазаревић,И., Митић,М., Петровић,М.М., Милеуснић,И., **ИНОВАЦИОНИ ПРИСТУП У ПРИМЕНИ ИНТЕЛИГЕНТНИХ ТЕХНОЛОШКИХ СИСТЕМА ЗА ПРОИЗВОДЊУ ДЕЛОВА ОД ЛИМА ЗАСНОВАН НА ЕКОЛОШКИМ ПРИНЦИПИМА**, Пројекат

технолошког развоја који финансира Министарство за просвету и науку Владе Републике Србије: TP-35004, Београд, 2011–2014.

- [2] Милjkовић,З., Лазаревић,И., Бабић,Б., **BPnet_V1.0** - „*Back-Propagation*“ *вештачка неуронска мрежа (софтвер)* цитиран у пројектима TP-6319Б и TP-14031 МНТР Владе Републике Србије, као и у магистарској тези Ивана Б. Лазаревића током експерименталног рада за потребе предузећа „Планинка а.д.“, одбрањеној 2009.).
- [3] Милjkовић,З., Лазаревић,И., Бабић,Б., **ART Simulator_V1.0** - „*Adaptive Resonance Theory*“ – ART-1 *вештачка неуронска мрежа (софтвер)* цитиран у пројектима технолошког развоја МИС.3.02.0127.Б и TP-14031 МНТР Владе Републике Србије, као и у поглављу монографије међународног значаја (**M14**) – „*Intelligent Production Systems Way to Competitiveness and Innovative Engineering*“, Edited by Valentina Gečevska, and Franci Čuš (ISBN 978-9989-2701-4-7), Chapter 10, pp. 119-131, June 2009).
- [4] Митић,М., Милjkовић,З., Вуковић,Н., Бабић,Б., Лазаревић,И., **Нови хибридни емпиријски управљачки систем интелигентног робота вертикалне зглобне конфигурације базиран на информацијама од камере (нова метода:** обухвата интеграцију интелигентног система базираног на емпиријски прикупљеним информацијама од камере и класичног управљачког система робота на бази грешке која је у корелацији са параметрима слике, а развијана је у пројекту TP-35004 МПИН Владе Републике Србије).

1.4 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Мр Иван Б. Лазаревић је својим досадашњим истраживачким активностима показао заинтересованост, квалитет и способност за научно-истраживачки рад.

Публиковани научни радови на скуповима међународног и националног значаја, техничка решења, као и радно искуство, указују на изразит смисао кандидата да се бави како теоријским, тако и сложеним експерименталним истраживањима.

Поред одбрањене магистарске тезе, кандидат је у претходном периоду извршио потребна иницијална истраживања кроз рад у лабораторији, учешћем у развоју нове методе у оквиру актуелног научног пројекта Министарства просвете и науке (ев. ознака TP 35004), као и развојем оригиналних софтвера, што га такође квалификује за рад на предметној докторској дисертацији.

На основу биографских података, научних и стручних активности, објављених радова и експерименталних истраживања, Комисија сматра да постигнути резултати квалификују кандидата за успешан и ефикасан теоријски и експериментални рад на предложеној теми.

Узимајући у обзир досадашње радно искуство, ангажовање у пројектовању интелигентних система и у развоју софтвера, објављене научне радове и одбрањену магистарску тезу, може се закључити да мр Иван Б. Лазаревић, дипл.инж.маш. има способност за самостални научно-истраживачки рад.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Предмет планираних истраживања односи се на развој и примену система препознавања базираног на сигнаlima и информацијама добијеним од камере у циљу решавања сложених проблема поређења, идентификације и класификације објеката који се налазе у роботизованом технолошком окружењу.

У ужем смислу, планирана истраживања су усмерена на развој новог система препознавања код робота базираног на интегрисаној камери, односно нових метода и алгоритама у циљу реализације оригиналног софтвера за поређење, идентификацију и класификацију објеката који се налазе у комплексном технолошком окружењу, као предуслова за успешно управљање интелигентном роботизованом манипулацијом деловима.

Интелигентно управљање мобилних робота, намењених за увођење и примену у технолошким системима 21. века, подразумева развој и потпуно нових система препознавања који треба да омогуће да објекти снимљени камером могу да се успешно пореде, идентификују, класификују и локализују у технолошком окружењу. Основни циљ укључивања камере у систем интелигентног мобилног робота је везан за обезбеђивање способности компјутерског (машинског) гледања, како би робот био у стању да „осети“ реално окружење у свом „видном пољу“, „разуме“ оно што је видео и да предузме одговарајуће акције задате програмом или да их кроз управљачке алгоритме учи, што је предмет данашњих интензивних истраживања у области роботике.

Иако је, после вишестолетијског развоја система препознавања базираног на камери у погледу евидентне примене у индустријској роботизици, остварен напредак, новији научни радови указују на то да је домен решавања проблема идентификације и класификације објеката у технолошком окружењу, са аспекта примене интелигентних мобилних робота у унутрашњем транспорту, неадекватно покривен. Из ових разлога се данас намеће потреба за даљим развојем система препознавања базираних на камери у функцији подршке роботизованом унутрашњем транспорту материјала и делова у оквиру интелигентног технолошког система, што је и предмет истраживања у овој докторској дисертацији.

Дакле, планирана истраживања, у оквиру ове докторске дисертације, по садржају обухватају више актуелних истраживачких тема које се односе на: аквизицију и обраду сигнала и информација добијених од камере, процесирање слике, анализу слике објеката на бази знања и машинског учења, вештачку интелигенцију и њену примену у домену издвајања карактеристика и идентификације објеката у роботизованом технолошком окружењу, посебно коришћењем вештачких неуронских мрежа, као и на развој софтвера.

Научни циљ дисертације је развој експерименталног система препознавања, базираног на обради сигнала и информација добијених од камере, са посебним акцентом на реализацији оригиналног софтвера за процесирање слике, као и напредну анализу слике објеката који се налазе у технолошком окружењу.

Основни циљеви истраживања су:

- Развој новог алгоритма и методе за издвајање карактеристика објеката у реалном технолошком окружењу коришћењем техника вештачке интелигенције, што подразумева детекцију, поређење, идентификацију и коначну класификацију комплексних објеката попут машина алатки и делова;
- Развој методе софтверске имплементације напредног процесирања слике и анализе слике на бази знања о објектима које је остварено кроз машинско учење, тако да се тиме омогуће неопходни предуслови за локализацију објеката и заобилажење препрека при кретању мобилног робота, као и успешно роботско приступање, хватање и манипулација идентификованим деловима у реалном технолошком окружењу.
- Тестирање и експериментална верификација оригиналног софтвера, са научним циљем успостављања интелигентног понашања мобилног робота у домену препознавања, односно локализације објеката за манипулацију у оквиру моделираног технолошког окружења у лабораторијским условима.

У последњој деценији 20. века и на почетку 21. века, уз истовремено истицање веома цитираних референци старијег датума, публиковано је више радова и књига које са различитих аспеката третирају проблеме процесирања слике, анализе слике на бази знања и машинског учења, интелигентног управљања, унутрашњег транспорта и развоја управљачких стратегија мобилних робота у домену актуелне имплементације у интелигентним технолошким системима (ИТС). Овде се наводе само неки од радова и књига који су директно повезани са развојем и применом система препознавања у оквиру ИТС, а инспирисали су предложено истраживање:

- [1] Szeliski,R., (2011) *Computer Vision – Algorithms and Applications*, Springer
- [2] Lauer,M., Schonbein,M., Lange,S., Walker,S., (2011) 3D-objecttracking with a mixed omnidirectional stereo camera system. *Mechatronics* 21, 390-398.
- [3] Lu,L., Zheng,Z., (2010) Two novel real-time local visual features for omnidirectional vision. *Pattern Recognition* 43, 3938-3949.
- [4] Banno,A., Ikeuchi,K., (2010) Omnidirectional texturing based on robust 3D registration through Euclidean reconstruction from two spherical images. *Computer Vision and Image Understanding* 114, 491-499.
- [5] Lopez-Nicolas,G., Guerrero,J.J., Sagues,C., (2010) Multiple homographies with omnidirectional vision for robot homing. *Robotics and Autonomous Systems* 58, 773-783.
- [6] Dinh,H., Inane,T., (2009). Low cost mobile robotics experiment with camera and sonar sensors. 2009 American Control Conference, 3793-3798.
- [7] Миљковић,З., Александрић,Д., (2009) *Вештачке неуронске мреже – збирка решених задатака са изводима из теорије*, Машински факултет у Београду
- [8] Nixon,M.S., Aguado,A.S., (2008) *Feature Extraction and Image Processing*, 2nd ed., Academic Press is an imprint of Elsevier
- [9] Morel,G., Valckenaers,P., Faure,J.-M., Pereira,C.E., Diedrich,C., (2007) Manufacturing plant control challenges and issues. *Control Engineering Practice* 15, 1321-1331.
- [10] Miljković,Z., Babić,B., (2007) Empirical control strategy for learning industrial robot. *FME Transactions, New Series* 35/1, 1-8.
- [11] Paragios,N., Chen,Y., Faugeras,O., (Editors) (2006) *Handbook of Mathematical Models in Computer Vision*, Springer
- [12] Hariharan,H., Gribok,A., Abidi,M.A., Koschan,A., (2006) Image fusion and enhancement via empirical mode decomposition. *Journal of Pattern Recognition Research* 1, 16-31.
- [13] Lee,Y.J., Kim,D.-Y., Chung,M.J., (2004) Feature matching in omnidirectional images with a large sensor motion for map generation of a mobile robot. *Pattern Recognition Letters* 25, 413-427.
- [14] Menegatti,E., Maeda,T., Ishiguro,H., (2004) Image-based memory for robot navigation using properties of omnidirectional images. *Robotics and Autonomous Systems* 47, 251-267.
- [15] Wai, C.K., Verl, A., Vadakkepat, P., Kiong, T.K. (2004) An analytic model for embedded machine vision: architecture and performance exploration. 2nd International Conference on Autonomous Robots and Agents, 419–424.
- [16] Hartley,R., Zissermann,A., (2004) *Multiple View Geometry in Computer Vision*, 2nd ed., Cambridge University Press
- [17] Brezočnik,M., Balić,J., Brezočnik,Z. (2003) Emergence of intelligence in next-generation manufacturing systems. *Journal Robotics & Computer-Integrated Manufacturing* 19, 55–63.
- [18] Миљковић,З., (2003) *Системи вештачких неуронских мрежа у производним технологијама*, Машински факултет у Београду
- [19] Egmont-Petersen,M., D. de Ridder, Handels,H. (2002) Image processing with neural networks – a review. *Pattern Recognition, The Journal of Pattern Recognition Society* 35, 2279-2301.
- [20] Inside,P., (2001) *Digital Image Processing*, 3rd ed., John Wiley & Sons
- [21] Миљковић,З., (2000) *Развој управљачких алгоритама за аутономне индустријске роботе на бази система препознавања и учења*, Докторска дисертација, Машински факултет у Београду

- [22] Miljković,Z., (2000) Empirical Control Strategy for Autonomous Industrial Robot Based on Recognition System and Machine Learning. *International Journal of Production Engineering and Computers* 3/3, 29-34.
- [23] Zalzala,A.M.S., Morris,A.S. (1996) *Neural Networks for Robotic Control – Theory and Applications*, Ellis Horwood
- [24] Dagli,C.H., (1994) *Artificial Neural Networks for Intelligent Manufacturing*, Chapman & Hall
- [25] Haralick,R.M., Shapiro,L.G. (1992, 1993) *Computer and Robot Vision – Vol. I & II*, Addison-Wesley Publishing Company
- [26] Kosko,B., (1992) *Neural Networks for Signal Processing*, Prentice Hall
- [27] Милутиновић,Д., (1987) *Системи препознавања код робота за флексибилне технолошке системе и монтажу*, Докторска дисертација, Машински факултет у Београду
- [28] Milutinović,D.S., Milačić,V.R., (1987) A model-based vision system using a small computer. *Annals of the CIRP* 36/1, 327-330.
- [29] Ballard,D.H., Brown,C.M., (1982) *Computer Vision*, Prentice Hall
- [30] Duda,R.O., Hart,P.E., (1973) *Pattern Classification and Scene Analysis*, John Wiley & Sons

Референце [1,8,11,16,19,20,25, 29,30] представљају битне референце у области процесирања и анализе слике објеката, а референце [7,9,10,12,17,18,23,24,26,27,28] се односе на област развоја и примене вештачке интелигенције у функцији повезивања система препознавања базираних на камери са напредним производним технологијама.

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Системи препознавања код робота, базирани на камери као сензору, укључују препознавање различитих комплексних објеката, уз одређивање њихових карактеристика, као и позиције и оријентације у сцени.

Процес идентификације објеката који се предлаже, своди се на поређење објеката из сцене са моделом објекта који се „тражи“, кроз развој нових метода машинског учења у домену препознавања. Да би се предложени процес препознавања објеката који се налазе у реалном роботизованом технолошком окружењу, теоријски и експериментално верификовао, одабране су следеће хипотезе од којих се полази у предметном истраживању и раду на овој докторској дисертацији:

- Применом техника вештачке интелигенције, посебно вештачких неуронских мрежа, могуће је развити такав систем препознавања код робота да снимљени објекти унутар сцене реалног окружења могу успешно (са високом тачношћу) да се идентификују без обзира на произвољно заузет положај (неодређена позиција и оријентација објекта) у координатном простору изабраног задатка у роботизованом технолошком окружењу;
- Могуће је да се препознавање објеката (машина алатки и делова), односно одређивање стабилних стања објеката и утврђивање њихове позиције и оријентације, успешно (са високом тачношћу) искористи за интелигентно управљање мобилног робота који треба да изврши локализацију и изградњу мапе објеката у оквиру технолошког окружења;
- Развојем нове методе препознавања, могуће је успоставити интелигентно управљање мобилног робота са циљем минимизације грешке положаја објекта у координатном простору изабраног задатка (*"image-based visual servoing"*), а која је у директној корелацији са параметрима слике, односно карактеристикама снимљених објеката унутар сцене технолошког окружења.

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

С обзиром на изразито мултидисциплинаран карактер тематске области истраживања која подразумева значајан утицај математичких, механичких, софтверских и сензорско-електронских аспеката, научне методе истраживања које ће се применити у овој докторској дисертацији су:

- ♦ *аналитички приступ* за решавање проблема моделирања (*"solid modeling"*) комплексних објеката карактеристичних за индустријску примену (машине алатке и делови), затим проблема процесирања и анализе слике објеката добијене од камере, као и проблема везаних за развој виртуелних технолошких система у циљу симулације и верификације, и
- ♦ *експериментални метод* пројектовања објектно оријентисаног софтвера на основу кога ће се оцењивати утицај параметара слике током аквизиције и процесирања сигнала и информација добијених од камере, у циљу доказивања оправданости и изразите потребе увођења потпуно новог система препознавања који треба да омогући да објекти снимљени камером могу да се успешно пореде, идентификују, класификују и локализују у технолошком окружењу интелигентних мобилних робота.

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Резултати предложених научних истраживања треба да омогуће имплементацију новог система препознавања код мобилних робота, који се користе за унутрашњи транспорт у оквиру ИТС. За познате услове одређене изабраним технолошким процесом, са израженом потребом решавања проблема препознавања објеката (машина алатки и делова) у оквиру интелигентног роботизованог технолошког окружења, према постављеним хипотезама, очекивани научни резултати истраживања у овој дисертацији су:

- ♦ Нови алгоритам и метода за издвајање карактеристика објеката у моделираном технолошком окружењу коришћењем техника вештачке интелигенције;
- ♦ Нова метода процесирања слике, као и анализе слике на бази знања о објектима које је остварено кроз машинско учење, уз локализацију објеката у моделираном технолошком окружењу као предуслова за успешно роботско приступање, хватање и манипулацију идентификованим деловима у реалном технолошком окружењу;
- ♦ Оригинални софтвер базиран на развоју и уградњи хомогених вештачких неуронских мрежа у нови систем препознавања интелигентног мобилног робота; и
- ♦ Нова метода развоја и имплементације софтверског модула за поређење, идентификацију и класификацију 3D објеката на бази објектно оријентисаног програмирања, као основе за успешну уградњу у систем емпиријског управљања мобилног робота намењеног унутрашњем транспорту материјала и делова у оквиру лабораторијског модела интелигентног технолошког система.

Ови научни резултати су од изузетног значаја за даљи развој и свеобухватну интеграцију мобилних робота у интелигентне технолошке системе, уз решавање сложених проблема препознавања комплексних објеката (машина алатки и делова) који се налазе у технолошком окружењу. Добијени резултати омогућиће подстицање ефикасности, као и неопходну оптимизацију модела машинског учења интелигентног мобилног робота са аспекта краћег временског одзива, што представља значајан научни допринос унапређењу мултидисциплинарног приступа решавању сложеног проблема роботизованог унутрашњег транспорта у домену производног машинства.

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

План истраживања састоји се из следећих фаза:

1. Критичка анализа релевантних литературних извора;
2. Системи препознавања код робота - специфичности и примена;
3. Анализа могућности имплементације система препознавања базираних на интегрисаној камери код мобилних робота у оквиру ИТС;
4. Идентификација проблема препознавања комплексних објеката (машине алатке и делови);
5. Анализа различитих приступа решавању проблема детекције, поређења, идентификације и класификације комплексних објеката;
6. Развој новог алгоритма и методе за процесирање слике, као и анализу слике на бази знања о објектима које је остварено кроз машинско учење коришћењем система вештачких неуронских мрежа;
7. Моделирање роботизованог тенолошког окружења;
8. Прилог развоју аналитичких модела локализације идентификованих објеката за роботизовану манипулацију у оквиру моделираног технолошког окружења;
9. Тестирање и експериментална верификација резултата имплементације оригиналног софтверског модула за поређење, идентификацију и класификацију 3D објеката на бази објектно оријентисаног програмирања.

Оквирна структура рада представљена је следећим целинама:

1. Увод. Идентификација проблема препознавања базираног на камери.
2. Системи препознавања код робота - развој и примена.
3. Преглед досадашњих резултата истраживања проблема препознавања и анализа могућности имплементације код мобилних робота у оквиру ИТС.
4. Машинско учење интелигентних агената. Систем препознавања као интелигентни агент.
5. Аналитичко моделирање технолошког окружења.
 - 5.1. 3D моделирање (*"solid modeling"*).
 - 5.2. Издвајање карактеристика 3D објеката у моделираном технолошком окружењу.
 - 5.3. Локализација 3D објеката у моделираном технолошком окружењу.
6. Развој оригиналног софтвера за поређење, идентификацију, класификацију и локализацију 3D објеката у роботизованом технолошком окружењу.
7. Тестирање и експериментална верификација резултата имплементације оригинално развијеног софтверског модула на бази објектно оријентисаног програмирања, у интегрисани систем емпиријског управљања мобилног робота намењеног унутрашњем транспорту материјала и делова у оквиру лабораторијског модела интелигентног технолошког система. Дискусија.
8. Закључци.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу анализе пријаве теме докторске дисертације мр Ивана Б. Лазаревића, дипл.инж.маш. архивиране под бројем 3065/1 од 12.12.2011. године, а сходно сагласности Катедре за производно машинство број 3190/1 од 22.12.2011. године, као и одлуци Наставно-научног већа бр. 106/1 донетој 12.01.2012. 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 кандидат мр Иван Б. Лазаревић, дипл.инж.маш. испуњава законске и друге

услове за рад на предметној докторској дисертацији, тако да предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да кандидату

мр Ивану Б. Лазаревићу, дипл.инж.маш.

одобри израду докторске дисертације са темом

**Систем препознавања у интелигентном роботизованом
технолошком окружењу,**

научна област: **машинство.**

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

С поштовањем,

У Београду, 31.01.2012. године

Чланови Комисије:

Др Зоран Миљковић, редовни професор
Машински факултет у Београду

Др Драган Милутиновић, редовни професор
Машински факултет у Београду

Др Бојан Бабић, редовни професор
Машински факултет у Београду

Др Живана Јаковљевић, доцент
Машински факултет у Београду

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

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата мр Ивана Б. Лазаревића, дипл. инж. маш.

Име и презиме ментора: др Зоран Миљковић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. 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. (**Science Citation Index-Web of Science® – IF = 2,014 → M21**; извор **KoBSON**)
2. Šibalija,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); (**Science Citation Index-WoS® – IF = 1,033 (2010) → M22**; извор **KoBSON**)
3. 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. (First published online: 17 December 2010; DOI:10.1017/S0890060410000545); (**Science Citation Index-Web of Science® – IF = 0,640 (2010) → M23**; извор **KoBSON**)
4. Stamenković,D., Kojić,D., Matija,L., Miljković,Z., Babić,B., **Physical Properties of Contact Lenses Characterized by Scanning Probe Microscopy and Optomagnetic Fingerprint**, *International Journal of Modern Physics B* (ISSN 0217-9792), Vol.24 Issues: 6-7, pp. 825-834, [http://dx.doi.org/ 10.1142/S0217979210064460](http://dx.doi.org/10.1142/S0217979210064460) (20 March 2010), ©World Scientific Publishing Company-Imperial College Press, 2010. (**Science Citation Index-Web of Science® – IF = 0,402 → M23**; извор **KoBSON**)
5. Bojović,B., Miljković,Z., Babić,B., Koruga,Đ., **Fractal Analysis for Biosurface Comparison and Behaviour Prediction**, *Journal Hemijska industrija* (ISSN 0367-598X), Vol.63 No.3, pp. 239-245, June 2009. (**Science Citation Index-Web of Science® – IF = 0,117 → M23**; извор **KoBSON**)
6. Gerasimović,M., Stanojević,Lj., Bugarić,U., Miljković,Z., Veljović,A., **Using Artificial Neural Networks for Predictive Modeling of Graduates' Professional Choice**, *Journal The New Educational Review* (ISSN 1732-6729), Vol.23 (1), pp. 175-188, Wydawnictwo Adam Marszałek, April 2011. (**Science Citation Index-Web of Science® – IF = 0,040 (2010) → M23**; извор **KoBSON**)

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, 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 односно 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