

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

921/5
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)13.07.2017.
(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

ПРЕПОЗНАВАЊЕ ГЕОМЕТРИЈСКИХ ПРИМИТИВА ИЗ ТРОДИМЕНЗИОНАЛНОГ ОБЛАКА ТАЧАКА

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Производно машинство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: ВЕЉКО (МИЛАН) МАРКОВИЋ2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд3. Година дипломирања: 2012.

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: 2013.Обавештавамо Вас да је _____
Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 13.07.2017
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: 921/5
Датум: 13.07.2017. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Вељка Марковића**, маст. инж. маш., бр. 921/1 од 25.04.2017. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Живана Јаковљевић, ванр. проф., др Бојан Бабић, ред. проф., др Зоран Миљковић, ред. проф., др Радован Пузовић, ред. проф. и др Игор Будак, ванр. проф., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, број 921/4 од 07.07.2017. 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 13.07.2017. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **ВЕЉКО МАРКОВИЋ**, маст. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«ПРЕПОЗНАВАЊЕ ГЕОМЕТРИЈСКИХ ПРИМИТИВА ИЗ ТРОДИМЕНЗИОНАЛНОГ ОБЛАКА ТАЧАКА»**.

За ментора студенту **Вељку Марковићу**, именује се др **Живана Јаковљевић**, ванр. проф.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата Вељка Марковића, маг. инж. маш. за израду докторске дисертације

Одлуком Научно-наставног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр. 921/3 од 22.06.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Вељка Марковића, маг. инж. маш. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме: **Препознавање геометријских примитива из тродимензионалог облака тачака.**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Вељко Марковић рођен је 16.06.1988. у Ћуприји, Република Србија. Основну школу „13. октобар“ у Ћуприји завршио је са одличним успехом и награђен је дипломом „Вук Караџић“. Средњу техничку школу у Ћуприји завршио је са одличним успехом и запаженим резултатима на стручним такмичењима због чега је проглашен ђаком генерације.

Школске 2007/2008 уписао је Основне академске студије (B.Sc.) на Машинском факултету у Београду које је завршио 2010. године са просечном оценом 9.54. Дипломске академске студије (M.Sc.) на Катедри за производно машинство Машинског факултета у Београду уписао је школске 2010/2011, а завршио их је 2012. године са просечном оценом 9.95. Дипломски (M.Sc.) рад на тему „Аутономни мобилни робот за кретање у 2Д простору – Морфолошка варијанта базирана на диференцијалној актуацији“ – ментор проф. др Петар Б. Петровић одбранио је са оценом 10. Током студија на Машинском факултету више пута је награђиван за одличан успех поводом Дана Факултета. Такође, двоструки је носилац стипендије „Доситеја“ Фонда за младе таленте Републике Србије, као и стипендија Министарства Просвете.

Докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписује школске 2013/2014. године где полаже све испите предвиђене Планом усавршавања. На основу научно-истраживачког рада током Докторских студија објављује 3 рада који су

представљени на домаћим и 2 на међународним скуповима пред широм научном и стручном јавношћу. Такође, објављује и један рад у часопису националног значаја – категорија M52 и два рада у часописима категорије M24.

Као студент Докторских студија, 2013/14 и 2014/15 учествовао је у извођењу вежби из предмета Компјутерска графика на Основним академским студијама на Машинском факултету Универзитета у Београду. При студентском вредновању педагошког рада наставника у летњем семестру школске 2013/14. године остварио је оцену 4,61 од 5,00.

Вељко Марковић поседује вишегодишње радно искуство. Од 2012. године до 2013. године био је запослен у предузећу за пројектовање и производњу медицинске опреме „Visaris“ у Земуну где ради на пословима пројектовања радиографских апарата. Након паузе, 2014. године поново се враћа у исту компанију на радно место шефа машинског сектора развоја медицинских апарата где и данас ради.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Кандидат Вељко Марковић уписао је прву годину Докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду 2013/14. школске године, да би већ наредне школске године уписао другу годину студија. У складу са Планом усавршавања положио је следеће испите:

Први семестар Докторских студија

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
Виши курс математике (о*)	Проф. др Слободан Радојевић	5	10 (десет)
Нумеричке методе (о*)	Проф. др Миодраг Спалевић	5	10 (десет)
ОМНИР и комуникације (о*)	Проф. др Милош Недељковић	5	10 (десет)
Аквизиција и обрада експерименталних података (и*)	Проф. др Милош Главоњић	5	10 (десет)
Истраживање и публикавање 1	Доц. др Живана Јаковљевић	10,5	10 (десет)

Други семестар Докторских студија

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
Одабрана поглавља из механике (о*)	Проф. др Драгомир Зековић	5	9 (девет)
Аутономни системи и машинско учење (и*)	Проф. др Зоран Миљковић	5	10 (десет)
CAD/CAM системи и интеграција пројектовања производа и технологија (и*)	Доц. др Саша Живановић	5	10 (десет)

Истраживање и публикување 2	Доц. др Живана Јаковљевић	18	10 (десет)
-----------------------------	---------------------------	----	------------

Трећи семестар Докторских студија

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
Дигитална обрада нестационарних сигнала (и*)	Доц. др Живана Јаковљевић	5	10 (десет)
Когнитивна роботика (и*)	Проф. др Зоран Миљковић	5	10 (десет)
Истраживање и публикување 3	Доц. др Живана Јаковљевић	23,5	10 (десет)

Четврти семестар Докторских студија

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
Истраживање и публикување 4	Доц. др Живана Јаковљевић	10	10 (десет)
Пројекат идеје докторске дисертације	Проф. др Живана Јаковљевић	22	10 (десет)

* Напомена: о – обавезан предмет, и – изборни предмет

Током Докторских студија, Вељко Марковић је положио 4 обавезна и 5 изборних предмета од којих сваки вреди по 5 ЕСПБ, чиме је стекао 45 ЕСПБ. Кроз Истраживање и публикување 1-4 стекао је 62 ЕСПБ. Ови предмети (Истраживање и публикување 1-4) су обухватили интензивна истраживања и експериментални рад у следећим областима: 3Д дигитализација објеката, soft computing технике и алгоритми за реверзно инжењерство и препознавање геометријских примитива који су верификовани објављивањем низа радова. Уз то, кандидат је учествовао у извођењу наставе из предмета Компјутерска графика на Основним академским студијама. 05.10.2016. одбранио је Пројекат идеје докторске дисертације пред Комисијом у саставу: проф. др Живана Јаковљевић – потенцијални ментор, проф. др Зоран Миљковић и проф. др Радован Пузовић, чиме је стекао још 22 ЕСПБ. Дакле, у складу са правилником о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду, Вељко Марковић је остварио укупно 129 ЕСПБ уз просечну оцену од 9,96.

Као резултат истраживања, кандидат је објавио 8 радова у часописима и на скуповима међународног и националног значаја:

1. Радови у часопису међународног значаја верификованом посебном одлуком (M24)

- 1.1. Marković V., Jakovljević Ž.: *Recognition of one class of surfaces from structured point clouds*, - FME Transactions, Vol. 45, No. 4, 2017, pp. 481-490.
- 1.2. Jakovljević Ž., Marković V., Puzović R., Majstorović V.: *Recognition of one class of quadrics from 3D point clouds*, - Procedia CIRP, Vol. 57C, 2016, pp. 292-297, doi: 10.1016/j.procir.2016.11.051 (рад презентован на 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems - CIRP-CMS 2016, Stuttgart, Germany, 25-27 May, 2016).

2. Радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини (M33):
- 2.1. Jakovljević Ž., Marković V., Živanović S.: *Recognition of quadrics from 3D point clouds generated by scanning of rotational parts*, - Proceedings of the 12th International Scientific Conference MMA 2015 – Flexible technologies, Novi Sad 2015., pp. 145-148.
 - 2.2. Jakovljević Ž., Marković V.: *Recognition of one class of quadric surfaces from unstructured point cloud*, - Proceedings of The 8th International Working Conference “Total Quality Management – Advanced and Intelligent Approaches“, Belgrade 2015., pp. 353-360.
3. Радови у часопису националног значаја (M52)
- 3.1. Jakovljević Ž., Marković V., Živanović S.: *Recognition of quadrics from 3D point clouds generated by scanning of rotational parts*, - Journal of Production Engineering, Vol 19, No 1, 2016, pp. 65-68.
4. Радови саопштени на скуповима националног значаја, штампани у целини (M63):
- 4.1. Марковић В., Јаковљевић Ж., Миљковић З.: *Сегментација једне класе површи другог реда из структурираног облака тачака: Проблем одређивања прагова*, Зборник радова са 40. ЈУПИТЕР Конференције, 42. симпозијум „УПРАВЉАЊЕ ПРОИЗВОДЊОМ У ИНДУСТРИЈИ ПРЕРАДЕ МЕТАЛА“, Београд 2016., стр. 4.7-4.17.
 - 4.2. Марковић В., Јаковљевић Ж.: *Сегментација једне класе површи другог реда из структурираног облака тачака*, Зборник радова са 39. ЈУПИТЕР Конференције, 41. симпозијум „УПРАВЉАЊЕ ПРОИЗВОДЊОМ У ИНДУСТРИЈИ ПРЕРАДЕ МЕТАЛА“, Београд 2014., стр. 4.13-4.22.
 - 4.3. Jakovljević, Ž., Marković, V., Miladinović, M.: *Recognition of elliptical segments in scanned lines*, - Proceedings of the International Scientific Conference ETIKUM 2014 – Metrology and Quality in Production Engineering and Environmental Protection, Нови Сад 2014., pp. 19-22.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Током својих досадашњих истраживачких активности, Вељко Марковић, маст. инж. маш. показао је посебну заинтересованост и афинитет за научно истраживачки рад. Научни радови публиковани у међународним и домаћим часописима, као и радови презентовани на међународним и националним научним скуповима указују на изразит смисао кандидата за бављење теоријским и експерименталним истраживањима.

Досадашња истраживања и објављени радови кандидата припадају ужој научној области производно машинство, и то области претпроцесирања и обраде тродимензионалих сигнала добијених дигитализацијом објеката и у потпуности су повезани са научном облашћу којој припада предложена тема докторске дисертације.

Досадашња истраживања, исказан смисао за научно истраживачки рад и биографски подаци Вељка Марковића недвосмислено указују на његову способност за успешан и ефикасан самосталан рад на предложеној докторској дисертацији.

2. Предмет и циљ истраживања

Суочене са глобализацијом и флукутирајућом потражњом, савремене компаније принуђене су да примењују парадигму масовне кастомизације производње у оквиру које се производи стално мењају у складу са захтевима купаца. Технологија која треба да омогући висок ниво

диверзификације производа уз истовремено приступачну цену јесу интелигентни технолошки системи (ИТС). Један од кључних елемената ИТС представља примена кибернетско-физичких система (енгл. *Cyber Physical Systems* - CPS) у оквиру којих се врши интеграција физичког система и његовог кибернетског (виртуелног) модела кроз интеракцију у реалном времену. Примена CPS води ка развоју паметних уређаја (сензора и актуатора) који имају интегрисане модуле за обраду података и комуникационе модуле. Наменски креирани алгоритми имплементирани у оквиру паметних уређаја могу обезбедити њихову аутономност и висок степен прилагодљивости различитим задацима у оквиру ИТС.

У току последњих деценија развијен је читав низ уређаја за тродимензионалну (3Д) дигитализацију (скенирање) објеката чији је принцип рада заснован на различитим техникама (ласерска триангулација, структурирана светлост, компјутерска томографија...). Ови уређаји отварају нове могућности не само у области реверзног инжењерства, већ и у управљању производним процесима (навигација мобилних робота, управљање процесима заваривања, позиционирања делова на машини алатки, контрола квалитета производа...). Окарактерисани су великом брзином и високом резолуцијом скенирања и, по правилу, генеришу густе облаке тачака који садрже и више него довољно информација о структури скенираних објеката. С друге стране, развој алгоритама за процесирање 3Д облака тачака још увек није достигао ниво присутан у области анализе једnodимензионалних и дводимензионалних сигнала. Процесирање сирових података – регистрација и интеграција облака тачака, као и генерисање полигоналних мрежа из 3Д облака тачака били су у фокусу многих истраживања и на располагању су брзи и поуздани алгоритми за креирање димензионално коректних положоналних мрежа из 3Д облака тачака. Међутим, иако естетски адекватне, полигоналне мреже не садрже информацију о геометријским примитивима од којих се скенирани објекти састоје. Ова информација је кључна како за геометријску репрезентацију објеката у реверзном инжењерству тако и за управљање процесима. Иако се последњих година врше истраживања у области аутоматског препознавања геометријских примитива из 3Д облака тачака, још увек нису на располагању алгоритми који ће 3Д облак тачака аутоматски превести у параметарски модел дигитализованог објекта, а поготову не уз висок однос перформанси и времена процесирања.

Предмет истраживања ове дисертације односиће се на области претпроцесирања и обраде 3Д сигнала (3Д облака тачака) добијених високорезолутним скенирањем објеката и група објеката. У фокусу истраживања биће екстракција геометријских примитива из 3Д облака тачака и њихова параметарска репрезентација. Такође, како би се смањила комплексност прорачуна која проистиче из превеликог броја тачака у оквиру облака, у дисертацији ће се разматрати и технике за интелигентну редукцију броја тачака која треба да обезбеди значајно смањење количине података уз истовремено задржавање информационог садржаја. Поред смањења неопходних прорачунских ресурса, редукција броја тачака води и ка смањењу ангажованости комуникационих ресурса између уређаја у оквиру ИТС.

Научни циљ дисертације је развој поузданих метода за аутоматску екстракцију и параметарску репрезентацију геометријских примитива из 3Д облака тачака. Методе треба да обухвате препознавање равних површи, површи другог реда и површи слободне форме које се могу описати неуниформним рационалним Б сплајн (НУРБС) површима.

Основни циљеви истраживања јесу:

- 1.Развој аутономних и поузданих метода за препознавање геометријских примитива (равних површи, површи другог реда и површи слободне форме) из структурираних облака тачака;

- 2.Развој аутономних и поузданих метода за препознавање геометријских примитива (равних површи, површи другог реда и површи слободне форме) из неструктурираних облака тачака;
- 3.Развој метода за редукцију броја тачака из облака уз истовремено задржавање информационог садржаја;
- 4.Верификација развијених метода на генерисаним облацима тачака;
- 5.Експериментална верификација развијених метода на облацима тачака добијеним скенирањем репрезентативних објеката.

3Д дигитализација објеката и њена примена у индустрији представља пропулзивну истраживачку област и као таква привлачи значајну пажњу научне јавности. Препознавање геометријских примитива из 3Д облака тачака, а нарочито равних површи, био је предмет одређеног броја истраживања. Нешто већи број радова се може пронаћи у области редукције броја тачака, док се претпроцесирањем (регистрација, интеграција и формирање полигоналне мреже) сигнала и самом дигитализацијом објеката бавио значајан број истраживања. Поред литературних извора који се односе на процесирање 3Д облака тачака, неопходан основ за развој нових метода представљају и напредне технике за обраду једнодимензионалних и дводимензионалних сигнала, статистичке методе и технике машинског учења и вештачке интелигенције. Наводе се неки од литературних извора на које се ослања ова докторска дисертација:

- [1]Varady, T., Martin, R., R., Cox, J., *Reverse engineering of geometric models - an introduction*, Computer Aided Design, 29(4), 255-268, 1997.
- [2]Savio, E., De Chiffre, L., Schmitt, R., *Metrology of freeform shaped parts*, Annals of the CIRP, 56(2), 810-835, 2007.
- [3]Fitzgibbon, A., Pilu, M., Fisher, B., *Direct Least Square Fitting of Ellipses*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 21(5), 476-480, 1999.
- [4]Ying, X., Yang, L., Kong, J., Hou, Y., Guan, S., Zha, H., *Direct least square fitting of ellipsoids*, Proceedings of the 21st International Conference on Pattern Recognition (ICPR), IEEE, 3228-3231, 2012.
- [5]Rahayem, M., R., Kjellander, J., A., *Quadric segmentation and fitting of data captured by a laser profile scanner mounted on an industrial robot*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 52(1), 155-169, 2011.
- [6]Hou-Chuan, L., Yi-Hong, C., Jiing-Yih, L., *Development of feature segmentation algorithms for quadratic surfaces*, Advances in Engineering Software, 40(10), 1011-1022, 2009.
- [7]Vančo, M., Hamann, B.: *Surface Reconstruction from Unorganized Point Data with Quadrics*, Computer Graphics forum, 27(6), 1593-1606, 2008.
- [8]Vieira, M., Shimada, K., *Surface mesh segmentation and smooth surface extraction through region growing*, Computer Aided Geometric Design, 22(8), 771-792, 2005.
- [9]Bénière, R., Subsol, G., Gesquière, G., Le Breton, F., Puech, W., *A comprehensive process of reverse engineering from 3D meshes to CAD models*, Computer Aided Design, 45, 1382-1393, 2013.
- [10]Jakovljevic, Z., Puzovic, R., Pajic, M., *Recognition of Planar Segments in Point Cloud based on Wavelet Transform*, IEEE Transactions on Industrial Informatics, 11(2), 342-352, 2015.
- [11]Wang, L., Cao, J., Han, C., *Multidimensional particle swarm optimization-based unsupervised planar segmentation algorithm of unorganized point clouds*, Pattern Recognition, 45(11), 4034-4043, 2012.
- [12]Borrmann, D., Elseberg, J., Lingemann, K., Nuechter, A., *The 3D Hough transform for plane detection in point clouds: a review and a new accumulator design*, 3DR Expresss, 2(2), 1-13, 2011.

- [13]Kjellander, J.A.P., Rahayem, M., *Planar segmentation of data from a laser profile scanner mounted on an industrial robot*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 45(1-2), 181-190, 2009.
- [14]Kang, E.-C., Kim, D.-B., Lee, K.H., *Balanced feature-sensitive point sampling for 3D model generation*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 38 (1-2), 130-142, 2008.
- [15]Serna, A., Marcotegui, B., *Detection, segmentation and classification of 3D urban objects using mathematical morphology and supervised learning*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 93, 243-255, 2014.
- [16]Xiao, J., Zhang, J., Adler, B., Zhang, H., Zhang, J., *Three-dimensional point cloud plane segmentation in both structured and unstructured environments*, Robotics and Autonomous Systems, 61(12), 1641-1652, 2013.
- [17]Yan, D., M., Wang, W., Liu, Y., Yang, Z., *Variational mesh segmentation via quadric surface fitting*, Computer Aided Design, 44(11), 1072–1082, 2012.
- [18]Yi, B., Liu, Z., Tan, J., Cheng, F., Duan, G., Liu, L.: *Shape recognition of CAD models via iterative slippage analysis*, Computer Aided Design, 55, 13-25, 2014.
- [19]Smola, A.J., Schölkopf, B., *A tutorial on support vector regression*, Statistics and Computing, 14(3), 199-222, 2004.
- [20]Steinke, F., Schölkopf, B., Blanz, V., *Support Vector Machines for 3D shape processing*, Eurographics, 24(3), 2005.
- [21]Zhang, L., Wang, W., Li, Y., Liu, X., Shi, M., He, H., *A Method for Surface Reconstruction Based on Support vector machine*, Journal of Computers, 4(9), 2009.
- [22]Vapnik, V., *The Nature of Statistical Learning Theory*, Springer-Verlag, New York, 2000.
- [23]Otsu, N.: *A threshold selection method from gray-level histograms*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 9, 62-66, 1979.
- [24]Karasulu, B., Korukoglu, S., *A simulated annealing-based optimal threshold determining method in edge-based segmentation of grayscale images*, Applied Soft Computing, 11(2), 2246-2259, 2011.
- [25]Yin, P.Y., *Multilevel minimum cross entropy threshold selection based on particle swarm optimization*, Applied Mathematics and Computation, 184(2), 503-513, 2007.
- [26]Song, H., Feng, H.Y., *A progressive point cloud simplification algorithm with preserved sharp edge data*, Journal of Advanced Manufacturing Technology, 45(5), 583-592, 2009.
- [27]Shi, B.Q., Liang, J., Liu, Q., *Adaptive simplification of point cloud using k-means clustering*, Computer Aided Design, 43(8), 910-922, 2011.
- [28]Lee, K.H., Woo, H., Suk, T., *Point data reduction using 3D grids*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 18(3), 201-210, 2001.
- [29]Cignoni, P., Montani, C., Scopigno, R., *A comparison of mesh simplification algorithms*, Computers & Graphics, 22(2), 37-54, 1998.
- [30]Jakovljević, Ž., *Point cloud reduction using support vector machines*, Journal of Production engineering, 15(2), 59-62, 2012.
- [31]Budak, I. Soković, M., Barišić, B., *Accuracy improvement of point data reduction with sampling-based methods by Fuzzy logic-based decision making*, Measurement, 44(6), 1188-1200, 2011.
- [32]Miao, Y., Pajarola, R., Feng, J., *Curvature-aware adaptive re-sampling for point-sampled geometry*, Computer Aided Design, 41(6), 395-403, 2009.
- [33]Song, H., Feng, H.-Y., *A global clustering approach to point cloud simplification with a specified data reduction ratio*, Computer Aided Design, 40(3), 281-292, 2008.
- [34]Ma, X., Cripps, R.J., *Shape preserving data reduction for 3D surface points*, Computer Aided Design, 43(8), 902-909, 2011.
- [35]Wang, Y.-Q., Tao, Y., Zhang, H.-J., Sun, S.-S., *A simple point cloud data reduction method based on Akima spline interpolation for digital copying manufacture*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 69(9-12), 2149-2159, 2013.

- [36]Yu, Z., Wong, H.-S., Peng, H., Ma, Q., *Asm: An adaptive simplification method for 3d point-based models*, Computer Aided Design, 42(7), 598-612, 2010.
- [37]Tao, Y., Li, Y., Wang, Y.-Q., Ma, Y.-Y., *On-line point cloud data extraction algorithm for spatial scanning measurement of irregular surface in copying manufacture*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 87(5-8), 1891-1905, 2016.
- [38]Daubechies, I., *Ten Lectures on Wavelets*, CBMS-NSF regional conference series in applied mathematics, SIAM, 1992.
- [39]Mallat, S.G., *A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 11(7), 674-693, 1989.

3. Полазне хипотезе

Анализом тренутног стања у области обраде 3Д облака тачака, с једне стране, и у областима обраде једнодимензионалних и дводимензионалних сигнала, машинског учења и вештачке интелигенције, с друге стране, а узимајући у обзир тренутне потребе индустрије за применом система за 3Д дигитализацију објеката у управљању ресурсима, дефинишу се следеће полазне хипотезе у оквиру ове дисертације:

Хипотеза 1:

Применом техника обраде сигнала и машинског учења (првенствено машина са носећим векторима) могуће је формирати нове робусне методе и алгоритме за аутоматско смањење броја тачака у оквиру тродимензионалног облака тачака уз истовремено задржавање неопходног информационог садржаја.

Хипотеза 2:

Технике обраде сигнала, аналитичке и статистичке методе и машинско учење могу се ефикасно употребити за развој нових робусних метода за аутоматско препознавање геометријских примитива из тродимензионалног облака тачака; на основу препознатих геометријских примитива могуће је извршити параметарску репрезентацију модела дигитализованих објеката.

Хипотеза 3:

Технике вештачке интелигенције представљају довољну основу за креирање интелигентних метода за аутоматско подешавање потребних параметара приликом препознавања геометријских примитива из тродимензионалног облака тачака.

4. Научне методе истраживања

За решавање постављеног проблема претпроцесирања и обраде 3Д сигнала у оквиру ове дисертације планира се коришћење следећих метода:

- 1.Методе за обраду нестационарних једнодимензионалних и дводимензионалних сигнала које омогућавају симултану анализу у временском и фреквентном домену – користиће се за сегментацију 3Д облака тачака и препознавање појединих геометријских примитива
- 2.Статистичке методе за регресиону анализу базиране на полиномалној регресији посебно прилагођене појединим геометријским облицима – користиће се за препознавање појединих геометријских примитива из облака тачака
- 3.Методе машинског учења засноване на статистичкој теорији учења (пре свега машине са носећим векторима и различите методе класификације) – користиће се за симплификацију облака тачака и препознавање геометријских примитива

- 4.Методe компјутерске графике: геометријска репрезентација тродимензионалних објеката и креирање растеризоване слике – користиће се за компјутерску репрезентацију препознатих површина на објектима и за структурирање облака тачака
- 5.Методe вештачке интелигенције, пре свега неуронске мреже – користиће се за оптимизацију параметара метода за препознавање
- 6.Методe аналитичке геометрије – користиће се при репрезентацији геометријских примитива
- 7.Методe за тродимензионалну дигитализацију објеката – користиће се за експерименталну верификацију развијених метода

Развијене методe за препознавање геометријских примитива и симплификацију облака тачака биће верификоване кроз симулацију и експериментално на практичним примерима у лабораторијским условима

5. Очекивани научни допринос

Научни допринос дисертације припада домену реверзног инжењерства и аутоматизације производних процеса. У области реверзног инжењерства очекивани допринос је у креирању метода и алгоритама који представљају прилог аутоматској параметарској репрезентацији скенираних објеката.

На основу полазних хипотеза и уз примену наведених метода, очекивани научни резултати истраживања у оквиру ове дисертације су:

- 1.Методe и алгоритми за аутоматско препознавање и параметарску репрезентацију равних површи из структурираних и неструктурираних 3Д облака тачака
- 2.Методe и алгоритми за аутоматско препознавање и параметарску репрезентацију површи другог реда из структурираних и неструктурираних 3Д облака тачака
- 3.Методe и алгоритми за редукцију броја тачака у оквиру облака, уз истовремено задржавање информационог садржаја
- 4.Методe и алгоритми за редукцију количине података неопходних за параметарско описивање површи слободне форме

Аутоматска параметарска репрезентација објеката обезбеђује значајно смањење времена и ресурса потребних за креирање реплика физичких објеката у области реверзног инжењерства. С друге стране, развијене методe и алгоритми отвориће нове могућности за примену уређаја за 3Д дигитализацију у области аутоматизације производних процеса.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање у оквиру ове дисертације обухватиће следеће кораке:

- 1.Анализу постојећих метода за 3Д дигитализацију објеката, врста облака тачака који се добијају њиховом применом, као и тренутног стања и ограничења у примени система за 3Д дигитализацију у аутоматизацији производних процеса
- 2.Преглед постојећих метода за процесирање 3Д облака тачака
- 3.Анализу постојећих техника за описивање модела објекта у компјутерској графици
- 4.Анализу метода обраде једнодимензионалних и дводимензионалних сигнала, статистичких метода, техника машинског учења и вештачке интелигенције итд. са аспекта могућности њихове примене у редукцији броја тачака у оквиру облака тачака и препознавању геометријских примитива из облака тачака
- 5.Развој алгоритма за структурирање облака тачака

- 6.Развој методе и алгоритма за редукцију броја тачака у оквиру облака тачака уз задржавање информационог садржаја; симулациона и експериментална верификација методе
- 7.Развој метода и алгоритама за препознавање геометријских примитива из облака тачака; симулациона и експериментална верификација метода
- 8.Развој метода и алгоритама за оптимизацију параметара претходно креираних метода

Оквирна структура рада обухвата следеће целине:

1. Увод
 - a. Технике за 3Д дигитализацију објеката
 - b. Дијаграм тока 3Д дигитализације објеката
 - c. Врсте облака тачака
 - d. Примена метода за 3Д дигитализацију објеката у аутоматизацији производних процеса
2. Преглед постојећих метода за процесирање 3Д облака тачака:
 - a. Методе за регистрацију и интеграцију облака тачака и креирање полигоналне мреже из облака тачака
 - b. Методе за редукцију броја тачака у оквиру облака тачака
 - c. Методе за сегментацију и препознавање геометријских примитива из облака тачака
3. Методе за описивање модела објеката у компјутерској графици
4. Структурирање облака тачака
5. Смањење броја тачака у оквиру 3Д облака
 - a. Дефиниција методе и алгоритма
 - b. Верификација методе симулацијом
 - c. Експериментална верификација методе
6. Препознавање геометријских примитива из облака тачака
 - a. Дефиниција метода и алгоритама
 - b. Верификација метода симулацијом
 - c. Експериментална верификација метода
7. Оптимизација параметара алгоритама за препознавање геометријских примитива
8. Закључци
9. Литература
10. Прилози

7. Закључак и предлог

На основу изложене анализе пријаве теме докторске дисертације Вељка Марковића, маг. инж. маш. Комисија за оцену подобности теме кандидата Вељка Марковића, маг. инж. маш. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме закључује да је предложена тема научно заснована и у потпуности одговара изради докторске дисертације високог ранга. Поред тога, биографски подаци и досадашње истраживачке активности указују на то да Вељко Марковић, маг. инж. маш. испуњава све законске и суштинске услове који га квалификују за рад на предложеној докторској дисертацији. Имајући наведено у виду, Комисија предлаже Већу докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду да се:

Вељку Марковићу, маг. инж. маш.

одобри израду докторске дисертације са темом:

Препознавање геометријских примитива из тродимензионалог облака тачака

Научна област: машинство (производно машинство).

За ментора током израде предметне дисертације предлаже се др Живана Јаковљевић, ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду.

Београд, 04.07.2017.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

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

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

.....
Др Радован Пузовић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
Др Игор Будак, ванредни професор
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких
наука

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Живана Јаковљевић

Звање: ванредни професор

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

1. Jakovljevic, Z., Puzovic, R., Pajic, M., Recognition of Planar Segments in Point Cloud based on Wavelet Transform, IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 11, No. 2 , pp 342-352, 2015, ISSN : 1551-3203, DOI: 10.1109/TII.2015.2389195, (M21a, IF(2015): 4.880, 3/59, 5/104, 1/44)
2. Jakovljevic, Z., Petrovic, P., B., Mikovic, V., Dj., Pajic, M., Fuzzy inference mechanism for recognition of contact states in intelligent robotic assembly, Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 25, No. 3, pp 571-587, 2014, ISSN: 0956-5515 DOI 10.1007/s10845-012-0706-x, (M21, IF(2014): 1.731, 10/40)
3. Jakovljevic Z., Petrovic P., B., Milkovic D. D., Pajic M., Diagnosis of irregularities in the robotized part mating process based on contextual recognition of contact states transitions, Assembly Automation, Vol. 35 No. 2, pp. 190-199, 2015, ISSN: 0144-5154, DOI: 10.1108/AA-10-2014-077 (M22, IF(2015): 1.225, 34/59)
4. Jakovljevic, Z., Petrovic, P., B., Hodolic, J., Contact states recognition in robotic part mating based on support vector machines, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 59, pp. 377-395, 2012, ISSN: 0268-3768, doi: 10.1007/s00170-011-3501-5 (M22, IF(2012): 1.205, 18/39)
5. Petrovic, P., B., Jakovljevic, Z., Milacic, V., R., Context sensitive recognition of abrupt changes in cutting process, Expert Systems with Applications, Vol. 37, Issue 5, pp. 3721-3729, 2010, ISSN: 0957-4174, doi:10.1016/j.eswa.2009.11.053 (M21, IF(2010): 2.195, 28/108)

(навести најмање један рад у случају менторства дисертације која се пријављује до 31.12.2008. године, односно најмање три рада у случају менторства дисертације која се пријављује у периоду од 1.01.2009. до 31.12.2009. године, односно најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује почев од 1.01.2010. године)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
