

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно

члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

288/3(Број захтева)
12.03.2016. године
(Датум)**ЗАХТЕВ****за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији**

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

СЛАВЕНКА (МИЛЕНКО) СТОЈАДИНОВИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **СЛАВЕНКО (МИЛЕНКО) СТОЈАДИНОВИЋ** уписан на Докторске студије 2009 године.
(име, име једног од родитеља и презиме)

Поднео је захтев за израду докторске дисертације:

ИНТЕЛИГЕНТНИ КОНЦЕПТ ПЛАНИРАЊА ИНСПЕКЦИЈЕ ПРИЗМАТИЧНИХ ДЕЛОВА НА МЕРНОЈ МАШИНИУниверзитет је дана 16.09.2013. год. својим актом под бр. 61206-3695/2-13 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:**ИНТЕЛИГЕНТНИ КОНЦЕПТ ПЛАНИРАЊА ИНСПЕКЦИЈЕ ПРИЗМАТИЧНИХ ДЕЛОВА НА МЕРНОЈ МАШИНИ**Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **СЛАВЕНКА (МИЛЕНКО) СТОЈАДИНОВИЋА**
(име, име једног од родитеља и презиме)Образована је на седници одржаној 24.12.2015. године, одлуком факултета под бр. 2655/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Видосав Мајсторовић	Ред.проф	Производно машинство	Машински факултет Београд
2. Др Бојан Бабић	Ред.проф.	Производно машинство	Машински факултет Београд
3. Др Мирослав Трајановић	Ред.проф.	Производно машинство	Машински факултет Ниш
4. Др Радован Пузовић	Ванр.проф.	Производно машинство	Машински факултет Београд
5. Др Саша Живановић	Ванр.проф.	Производно машинство	Машински факултет Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 11.02.2016. године.ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТАпроф.др Радивоје МитровићПрилог: 1. Извештај комисије са предлогом.
2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности,
уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 288/2
Датум: 11.02.2016. године
Београд, Краљице Марије 16

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 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета и реферата Комисије у саставу: др Видосав Мајсторовић, ред.проф., ментор, др Бојан Бабић, ред.проф., др Мирослав Трајановић, ред.проф., Универзитет у Нишу, Машински факултет, др Радован Пузовић, ванр.проф. и др Саша Живановић, ванр.проф., о оцени докторске дисертације „Интелигентни концепт планирања инспекције призматичних делова на мерној машини“ студента докторских студија **Славенка Стојадиновића**, дипл. инж. маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 11.02.2016. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ИНТЕЛИГЕНТНИ КОНЦЕПТ ПЛАНИРАЊА ИНСПЕКЦИЈЕ ПРИЗМАТИЧНИХ ДЕЛОВА НА МЕРНОЈ МАШИНИ“** студента **СЛАВЕНКА СТОЈАДИНОВИЋА**, дипл. инж. маш.

Докторску дисертацију и реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији доставити на давање сагласности Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, по истеку рока од 30 дана у коме су били на увиду јавности.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

Предмет: **Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата, студента докторских студија, Славенка Стојадиновића, дипл.инж.маш.**

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Београду бр. 2655/2 од 24.12.2015. год. именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата, студента докторских студија, Славенка Стојадиновића, дипл.инж.маш., под насловом:

„ИНТЕЛИГЕНТНИ КОНЦЕПТ ПЛАНИРАЊА ИНСПЕКЦИЈЕ ПРИЗМАТИЧНИХ ДЕЛОВА НА МЕРНОЈ МАШИНИ”

После прегледа достављене Дисертације, других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Докторске студије на машинском факултету у Београду кандидат је уписао школске 2009/2010. године. На молбу бр. 2045/1 од 12.10.2015. год. и по решењу бр. 2109/1 од 14.10.2015. год. одобрен му је продужетак рока за завршетак докторских студија за два семестра у школској 2015/2016. год.

Кандидат је пријавио тему докторске дисертације под називом: „ИНТЕЛИГЕНТНИ КОНЦЕПТ ПЛАНИРАЊА ИНСПЕКЦИЈЕ ПРИЗМАТИЧНИХ ДЕЛОВА НА МЕРНОЈ МАШИНИ” и за ментора је предложио проф. др Видосава Мајсторовића. На основу пријаве кандидата, ННВ МФБгд. је одлуком бр. 1023/1 од 13.06.2013. год. прихватило предлог и именovalo Комисију за подношење извештаја о прихватању теме докторске дисертације и њене научне заснованости у саставу: др Видосав Мајсторовић, ред. проф. (ментор), Dr Numan Durakbasa, ред. проф. (коментор), др Мирослав Трајановић, ред. проф., др Радован Пузовић, ванр. проф., др Саша Живановић, доцент. На основу извештаја Комисије и одлуке ННВ МФБгд. поднет је захтев Машинског факултета Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду (захтев бр. 1023/6 од 11.07.2013. год.) које је на седници одржаној 16.09.2013. год. донело одлуку да се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације, студента докторских студија, Славенка Стојадиновића, дипл.инж.маш. (одлука бр. 61206-3695/2-13 од 16.09.2013. год.), а на основу чега је 27.09.2013. год. Декан Машинског факултета у Београду донео закључак бр. 1802/1 о одобравању рада на предметној дисертацији под менторством проф. др Видосава Мајсторовића.

На основу извештаја проф. др Видосава Мајсторовића, ментора, да је докторанд Славенко Стојадиновић завршио докторску дисертацију под називом „ИНТЕЛИГЕНТНИ КОНЦЕПТ ПЛАНИРАЊА ИНСПЕКЦИЈЕ ПРИЗМАТИЧНИХ ДЕЛОВА НА МЕРНОЈ МАШИНИ”, као и предлога Катедре за производно машинство, Наставно-научно веће Машинског факултета донело је одлуку број 2655/2 од 24.12.2015. године о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: др Видосав Мајсторовић, ред. проф., др Бојан Бабић, ред.

проф., др Мирослав Трајановић, ред. проф., др Радован Пузовић, ванр. професор, др Саша Живановић, ванр. проф.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „ИНТЕЛИГЕНТНИ КОНЦЕПТ ПЛАНИРАЊА ИНСПЕКЦИЈЕ ПРИЗМАТИЧНИХ ДЕЛОВА НА МЕРНОЈ МАШИНИ” припада области техничких наука (машинство) и ужој научној области Производно машинство. Израдом докторске дисертације руководио је др Видосав Мајсторовић, редовни професор на Катедри за производно машинство Машинског факултета Универзитета у Београду.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Славенко Стојадиновић, дипл.инж.маш. је рођен у Пријепољу, 22. јуна 1985. године. Основну школу и техничку школу је завршио у Пријепољу. Машински факултет у Београду уписао је школске 2004/2005. године. Током студија три пута је био добитник похвала од стране факултета за извасредно постигнуте резултате и био је стипендиста Фонда за младе таленте и Фондације Хемофарм, као и Студент Продекан Машинског факултета у Београду. Дипломирао је 13. новембра 2009. године на смеру за Производно машинство са просечном оценом 9,47 (девет и 47/100). Дипломски рад је урадио из предмета Индустријски роботи (ментор: проф. др Драган Милутиновић) и исти одбранио са оценом 10 (десет). Докторске студије на машинском факултету у Београду уписао је школске 2009/2010. године, када је постао и стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

Од 9. јула 2010. године, до данас ради на Катедри за производно машинство Машинског факултета Универзитета у Београду као асистент на предметима Менаџмент квалитетом, Аутоматизација производње, Производне технологије и метрологија и Технологија машинске обраде. Као студент докторских студија и стипендиста Министарства, а затим и као асистент је кроз усавршавање и рад на више научних и стручних пројеката био аутор и коаутор већег броја радова на домаћим и међународним скуповима и часописима. На докторским студијама је положио све испите са просечном оценом 10.00 (десет). Од 2011. године је учесник на пројекту „Развој нове генерације домаћих обрадних система“ и пројекту "Интелигентни роботски системи за екстремно диверзификовану производњу" које финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (број пројекта респективно ТР – 35022 и ТР – 35007).

У претходном периоду је учествовао у организацији 6. *International Working Conference TQM and Intelligent Approaches* и неколико Јупитер конференција (2011 – 2015. година). Добитник је стипендије (идент. бр. ICM-2013-05391) Аустријске службе за академску размену (OeAD) за програм *Stipendien der Stipendienstiftung der Republik Österreich (Stiftung Undergraduates, Graduates, Postgraduates)* за студијски боравак у периоду од 01.03.2014. до 30.04.2014. год. (два месеца) на *Vienna University of Technology, Department for Interchangeable Manufacturing and Industrial Metrology, Institute for Production Engineering and Laser Technology, High Precision Measurement Room – Nanometrology Laboratory* под вођством коментора и академског супервизора *Asst. Univ. prof. Dr. Numan M. Durakbasa*.

По одлуци Већа Катедре за производно машинство именован је за Секретара Катедре у периоду 2012-2015. године.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата, студента докторских студија, Славенка Стојадиновића, дипл.инж.маш., под називом „ИНТЕЛИГЕНТНИ КОНЦЕПТ ПЛАНИРАЊА ИНСПЕКЦИЈЕ ПРИЗМАТИЧНИХ ДЕЛОВА НА МЕРНОЈ МАШИНИ” изложена је на 148 страница и садржи 36 једначина, 61 слику и дијаграмских приказа, 9 табела и 182 коришћена референтна литературна извора. Докторску дисертацију чине следећих осам поглавља и списак литературе:

1. Увод
2. Преглед стања истраживања у области планирања инспекције на мерним машинама
3. Онтолошка база знања

4. Развијени модел планирања инспекције призматичних делова на мерној машини
5. Оптимизација планиране мерне путање применом оптимизационог алгорита на бази колоније мрав
6. Експериментална верификација развијеног модела планирања инспекције и резултати
7. Закључак
8. Будућа истраживања
9. Литература.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу текста докторске дисертације дате су основне информације о потреби, значају и мотивацији развоја интелигентног концепта планирања инспекције призматичних делова као императиву и предуслову за развој нове генерације технолошких система и дигиталног квалитета у производном окружењу. Полазећи од круцијалних проблема у планирању инспекције на мерним машинама, дат је списак полазних хипотеза као и основни циљеви и доприноси предметне дисертације. Истакнуто је да се са развојем интелигентног концепта инспекције постиже значајна уштеда у потребном времену за инспекцију призматичних делова. Актуелност планираних истраживања се огледа у неколико истраживачких тема које се односе на метролошку интероперабилност, интелигентну производну метрологију и дигиталне технолошке системе.

У другом поглављу су, у оквиру анализе постојећег стања истраживања и развоја у области планирања инспекције на мерним машинама, разматрани основни проблеми и правци истраживања и развоја планирања инспекције призматичних делова на мерним машинама са интелигентног аспекта дефинисања плана инспекције и то са акцентом на најновија истраживања у свету и код нас. Посебно су наглашени проблеми метролошке интероперабилности између метролошких софтвера и проблем дубоког јаза између *GD&T* и постојећих стандарда за дефинисање *CAD* геометрије који утиче на прекид тока информација у планирању инспекције и одговоран је за, у већини случајева, немогућност повезивања и аутоматског генерисања веза између *CAD* геометрије и толеранција. Такође, дат је кратак приказ развоја мерних машина и планирања инспекције на њима где је истакнуто шта су то фактори који су допринели или условили такав хронолошки редослед развоја ова два сегмента координатне метрологије. Између осталог, истакнута је потреба за брзим одговором на захтев тржишта у погледу инспекције упркос високој геометријској и метролошкој варијантности производа, односно тенденцији ка минималном укупним времену мерења кроз смањење компоненте времена потребног за планирање инспекције. Са друге стране неопходно је минимизирати физичко и умно учешће човека у појединим деловима процеса мерења као што је планирање инспекције како би се постигао уједначен или униформан ниво квалитета инспекције као и подигао ниво аутономности процеса мерења. На бази предходно спроведених истраживања дефинисани су кључни елементи процеса планирања инспекције, њихова улога као и везе између њих у циљу дефинисања интелигентног концепта инспекције призматичних делова.

У трећем поглављу се полази од анализе тренутног стања развоја инжењерске онтологије у циљу дефинисања онтолошке базе знања, поновне употребе и дељења знања у домену координатне метрологије. Примарни задатак базе знања је повезивање геометрије делова са њиховим толеранцијама уз помоћ основних компоненти онтологије као што су класе, индивидуе и особине. Развоју базе знања претходи развој онтологије за домен координатне метрологије и методологије њеног развоја на концептуалном нивоу. Да би се ово остварило било је неопходно размотрити постојеће методологије развоја и до сада развијене онтологије, као и развити и имплементирати сопствену онтологију која ће служити као логичка структура базе знања за интелигентну инспекцију призматичних делова на мерним машинама. Развијена онтологија је имплементирана у софтверу *Protégé*. Дефинисањем инжењерске онтологије уз помоћ представљеног метода дефинише се скуп термина, који пресликан у домен изградње база знања представља скуп који се састоји из основних компоненти базе знања тј. ентитета и релација између ентитета. Класе инжењерске онтологије су ентитети базе знања, а релације између ентитета су особине инжењерске онтологије. Са овако дефинисаном онтологијом дефинисан је скуп термина базе знања која је заснована на графу, а њено одлучивање на бази тзв. резонера софтвера *Protégé*. Мотивација за комбиновање онтологије и већ развијеног графа, лежи у

уоченој погодности да се метролошки примитиви могу представити помоћу основних компоненти инжењерске онтологије, а да се претраживањем графа може доћи до одговора на питање из којих примитива се састоји неки од стандардних облика толеранција. Одговор на ово питање даје везу између толеранција и геометрије дела, те се даље стиче услов за дефинисање математичког модела инспекције призматичних делова. Резултат предложеног метода развоја онтологије је итеративан процес развоја онтологије за домен координатне метрологије у пет корака. Резултат овог приступа је и дефинисање припадности геометријских карактеристика (примитива) појединим облицима толеранција кроз претраживање графа модела базе знања. Претраживањем графа, општи облици толеранција дефинисани стандардом се повезују са геометријским карактеристикама тако да је могуће дефинисати метролошке секвенце и планирати путању мерног сензора.

У четвртном поглављу је представљен развијени модел планирања инспекције призматичних делова на мерној машини. Главна идеја представљеног модела је генерисање путање мерног пипка на основу CAD модела призматичног дела и његових (задатих) толеранција. Модел се састоји из дефинисања математичког модела, моделирања примитива за инспекцију, дистрибуције мерних тачака, анализе приступачности мерног сензора, избегавање колизије и планирање путање мерног сензора. Основна улога математичког модела је у дефинисању веза између координатних система мерне машине, мерног дела и примитива из којих се састоји део, а који учествују у креирању прописаних толеранција дела. Сваки произвођач софтвера за мерне машине има развијен и имплементиран свој математички модел. Модел представљен у овој дисертацији је нов и универзално примењив на инспекцију скупа призматичних делова. Следећи корак у развоју модела је моделирање примитива за инспекцију базирано на основним геометријским примитивима и њиховим параметрима. Појам геометријског примитива прво је дефинисан у аналитичкој геометрији, да би на истим основама касније био примењен у инжењерском моделирању. У координатној метрологији овај појам представља базу за дефинисање - моделирање примитива за инспекцију са аспеката геометрије и толеранција. У овом моделирању, геометријски примитив представља најнижи ниво дефинисања толеранције или објекат генерисања тачака мерног сензора на мерном делу. Сваки геометријски примитив је једнозначно одређена локалним координатним системом и скупом параметара у односу на њега. Геометријски примитиви обухваћени моделирањем су тачка, раван, круг, полусфера, цилиндар, купа, зарубљена купа и зарубљена полусфера. Након дефинисања примитива први следећи корак је дистрибуција мерних тачака за тако дефинисане примитиве. Дистрибуција мерних тачака је базирана на *Hammerslay*-овој секвенци, за израчунавање координата мерних тачака дуж две осе метролошког примитива. Модификовањем *Hammerslay*-еве секвенце, изведени су обрасци за дистрибуцију жељеног броја мерних тачака за све напред наведене геометријске примитиве. Експериментални пример је обухватио расподелу десет мерних тачака, међутим метод дистрибуције дозвољава унос било ког броја мерних тачака, што зависи од типа и квалитета прописане (захтеване) толеранције. Да би се извршила инспекција једног примитива без колизије неопходно је и спровести анализу приступачности мерног сензора. Она обухвата одређивање још два скупа тачака као и дефинисање вектора пуноће примитива којим се узима у обзир да ли је примитив пун или шупаљ. Први скуп тачака представља тачке у којима се прелази из брзог у спори ход, док други скуп тачака дефинише почетке брзог хода. Овим приступом дефинисања скупова тачака и ходова спроводи се избегава колизија између једног примитива и мерног пипка. За дефинисане мерне тачке и уочена три случаја површина примитива дефинисани су принципи расподеле оба скупа ових тачака. На основу тог принципа изведен је образац за дужину пута пипка или дужину иницијално пређене путање што је основ за оптимизацију путање применом колоније мравца у следећем поглављу. Када је реч о избегавању колизије неопходно је још избећи колизију приликом преласка сензора са једног на други примитив (прост пример за то је инспекција паралелности две равни). Из тог разлога је развијен принцип избегавања колизије на основу *STL* модела представљања геометрије призматичних делова, његових толеранција, координате последње тачке за инспекцију предходног примитива и координата прве тачке за инспекцију наредног примитива. Принцип се састоји од итеративног померања праве, која првобитно пролази кроз поменуте тачке, за неку вредност по одређеној процедури све до онда до када права не пресеца запремину призматичног дела. Померање праве се врши трансформацијом за наведену вредност. Проблем проналаaska пресечних тачака између праве и запремине призматичног дела се своди на проблем проналаaska пресечне тачке између површине ограничене троуглом и дужи. На основу дефинисане повезаности толеранција

и геометрије као и предходно објашњених процедура развијених метода и принципа, планирање путање мерног сензора као излаз даје *point-to-point* мерну путању за дати призматични део.

У петом поглављу је представљена оптимизација путање мерног сензора при инспекцији призматичних делова на *NUMM*. Модел оптимизације је базиран на математичком моделу развијеног модела планирања инспекције који дефинише иницијалну путању представљену скупом тачака са дефинисаним редоследом за пролазак пипка без колизије и решењу проблема трговачког путника, *Traveling Salesman Problem (TSP)*, применом колоније мравца. Поглавље се састоји из неколико целина као што је модел података, математички модел за оптимизацију и модел оптимизације базиран на колонији мравца, *Ants Colony Optimization (ACO)*. Основа *ACO* модела су потребни подаци преузети из *IGES* фајла *CAD* модела призматичног дела и математичког модела који на излазу даје скуп тачака између којих се тражи најкраће растојање или оптимална путања мерног пипка. Приликом дефинисања иницијалне путање стриктним дефинисањем редоследа тачака дефинисана је мерна путања. Да би се оставио простор за оптимизацију и добила оптимална путања дефинисане су три зоне: зона могуће колизије, оптимална зона и зона нерентабилног планирања инспекције. Скуповима тачака које припадају зони оптимизације, дозвољено је случајно посећивање или пролазак мерног пипка кроз поменуте тачке. Управо ова чињеница или прилагођавање математичког модела омогућава примену принципа оптимизације на бази колоније мравца. Наиме, принцип ове технике је случајан обилазак свих, у овом случају, тачака и полагање феромона по таквој путањи, а потом проналажења најкраћег пута по критеријуму највећег броја положених феромона дуж пређене путање. Путања која садржи највећи број феромона је најкраћа путања. Број циклуса случајног обилазак и број мравца у колонији се могу бирати. Оптимална путања се потом пореди са *on-line* програмираном путањом на мерној машини *ZEISS UMM500* и путањом генерисаном у *Pro/ENGINEER*-у при истим параметрима. Резултати поређења оптимизоване путање и *on-line* програмиране путање показују минимум 20 % мање вредности дужине оптимизоване путање, док у поређењу са *Pro/ENGINEER* путањом, показује минимум 10 % мање вредности дужине оптимизоване путање при исто подешеним (постављеним) параметрима.

У шестом поглављу извршена је експериментална верификација развијеног модела планирања инспекције. У циљу верификације и симулације путање ради визуелне провере колизије између мерног сензора и радног дела, најпре је написан програм у *Matlab* софтверском окружењу. Поред верификације и симулације један од главних циљева написаног програма је и генерисање мерног протокола и листе управљачких података на излазу, а који се потом користе у процесу планирању експеримента и као улаз за експериментална мерења. Симулација је развијена уз помоћ три алгорита, и то: алгорита за дистрибуцију мерних тачака, алгорита за избегавање колизије, алгорита за планирање путање мерног сензора. Њима су обухваћени сви геометријски примитиви представљени развијеним моделом планирања инспекције. Развијени модел симулације путање мерног сензора на излазу даје мерни протокол и управљачку листу податка за тест мерне делове. Мерни протокол се даље користи за *on-line* програмирање мерне машине *ZEISS UMM500*, генерисање програма за ову машину, процеса мерења и верификације развијеног модела планирања инспекције. За потребе експеримента пројектована су и обрађена два тест радна дела. Обрада је извршена у Заводу за машине алатке, Катедре за производно машинство Машинског факултета у Београду на обрадном центру *HMC 500* у квалитету обрађених површина *N7* и *N8*. Пре процеса инспекције пројектованих и обрађених тест делова проверена је димензионална тачност машине на бази артефакта домаће производње према стандарду *ISO 10360-2*. Инспекција делова је извршена на Техничком Универзитету у Бечу у Нанометролошкој лабораторији за високо прецизна мерења, *High Precision Measurement Room - Nanometrology Laboratory* током студијске посете универзитету. Резултати инспекције показују да су све толеранције дела у цртежом прописаним границама. Ово потврђује да је развијени модел планирања инспекције један успешан и практично примењив приступ развоју интелигентног концепта планирању инспекције призматичних делова.

У седмом поглављу је истакнуто да спроведена истраживања у овој дисертацији дају развој једног новог интелигентног концепта планирања инспекције призматичних делова у циљу смањења времена мерења и повећања аутономности процеса планирања инспекције на основу аутоматског генерисања протокола мерења, оптимизацији путање мерног пипка применом колоније мравца и анализи приступачности односно аутоматском конфигурисању мерних пипака. Концепт интегришући метролошку и геометријску сложеност призматичних делова, интуицију и

знање планера инспекције на излазу даје протокол мерења или листу података за управљање мерном машином. Обједињава комплексне анализе као што су математички модел инспекције призматичних делова, модел примитива за инспекцију, дистрибуција мерних тачака, анализа приступачности мерног сензора, избегавање колизије и планирање путање мерног сензора. Симулација путање мерног сензора је базирана на моделу планирања инспекције и омогућава визуелну проверу колизије и генерисање протокола мерења. Примена и корист од модела је јако изражена у случају инспекције геометријски комплексних призматичних делова са великим бројем толеранција и израженој геометријској варијантности.

У осмом поглављу су дати правци будућих истраживања у развоју интелигентног планирања инспекције призматичних делова на мерним машинама.

На крају је наведена литература која је коришћена током спроведених истраживања и рада на реализацији докторске дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Дисертација је урађена у оквиру истраживања везаних за пројекте из програма технолошког развоја и сарадње са Институтом за производно машинство и ласерску технологију у Бечу са тематиком која је данас актуелна у свету.

Развој интелигентних система за планирање инспекције на нумерички управљаним мерним машинама је императив и предуслов за развој нове генерације метролошких система и њихове примене у концепту дигиталног квалитета заснованог на глобалном интероперабилном моделу производа, који интероперабилни модел производа интегрише кроз CAD-CAM-CAI информације на дигиталној платформи. Овај прилаз представља основу за виртуелну симулацију и планирање инспекције на бази знања, посебно за призматичне делове, што је и предмет истраживања у овој дисертацији. С друге стране, дигитална производња представља оквир за развој нове генерације технолошких система заснованих на виртуелној симулацији, дигиталном моделу производа и примени *cloud* концепта који омогућава свеprisутан, погодан и на захтев доступан приступ мрежи заједничких производних ресурса и способности да ресурси могу бити брзо обезбеђени и издати уз минималан напор.

Истраживачки пројекти покренути у Америци од стране Националног института за стандарде и технологију и водећих Европских метролошких центара као што су Лабораторија за измењиву производњу и индустријску метрологију, Катедра за менаџмент квалитетом и производну метрологију и Нанометролошкој лабораторији за високо прецизна мерења, између осталог односе се и на истраживања развоја интелигентног концепта планирања инспекције призматичних делова у циљу смањења укупног времена мерења на мерној машини кроз смањење компоненте времена потребног за планирање инспекције. Сва ова истраживања имају за циљ да организују и ефикасно користе знања (искуствена, интуитивна) и закључивања на основу њих, а ради спровођења униформног плана инспекције с обзиром на релативно високу како метролошку тако и геометријску комплексност и варијантност производа. Добијени резултати ових истраживања су оригинални, објављени су у релевантним међународним часописима и на међународним конференцијама.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У изради дисертације је коришћена литература чији је списак дат у поглављу 9. Делом су то цитиране референце, а другим делом радови у којима је кандидат учествовао и који су или база за дефинисање даљих истраживања или објављена једна целина већ остварених резултата истраживања. Наведени су и анализирани програми рада познатих центара и организација у области производне метрологије који су помогли кандидату да конципира модел интелигентне инспекције призматичних делова, а потом и да да свој допринос његовом развоју. Анализом списка коришћене литературе може се закључити да је кандидат располагао већином доступне референтне литературе и да је исту проучио у току израде дисертације што локација навођења потврђује. Учешћем у објављивању резултата свог рада, самостално и као коаутор, показао је да је своје истраживање у оквиру израде докторске дисертације добро планирао и организовао, а потом и реализовао и експериментално верификовао.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Током израде ове дисертације, коришћене се уобичајене научне методе анализе, синтезе и закључивања, које се односе на развој онтолошке структуре за потребе базе знања, моделирање примитива за инспекцију, генерисање глобалног плана инспекције, расподеле мерних тачака за базне геометријске примитиве или локалног плана инспекције, избегавање колизије између радног предмета и мерног сензора, као и оптимизације планиране мерне путање применом колоније мрава. Коришћене су постојеће методологије развоја инжењерске онтологије и на основу њих је предложен нов метод њеног развоја. Потом су коришћени и ови методи: метод претраживања базе знања на основу графа, метод инспекције базиран на примитивима, метод математичког моделирања инспекције, метод дистрибуције мерних тачака, метод анализе приступачности мерног сензора, метод избегавања колизије, методи планирања путање мерног сензора, метод математичког моделирања за оптимизацију, метод оптимизације на бази колоније мрава, метод провере тачности мерне машине и методи програмирања мерних машина. Дисертација је у потпуности урађена у складу са данас расположивим ресурсима информационих технологија.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултат истраживања у овој дисертацији је интелигентни концепт планирања инспекције призматичних делова развијен у циљу смањења времена мерења и повећања аутономности процеса планирања инспекције. Концепт интегришући метролошку и геометријску сложеност призматичних делова, интуицију и знање планера инспекције на излазу даје протокол мерења или листу података за управљање мерном машином *ZEISS UMM500*. Развијена је и симулација путање мерног сензора која је базирана на моделу планирања инспекције и омогућава визуелну проверу колизије и генерисање протокола мерења. Примена и корист од модела је јако изражена у случају инспекције геометријски комплексних призматичних делова са великим бројем толеранција и израженој геометријској варијантности. Примењивост остварених резултата се огледа како у теоријском тако и практичном смислу.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

У спроведеним истраживањима кандидат је испољио висок ниво спремности, одговорности и способности за бављење научним и истраживачким радом. Објављени радови у међународним часописима и саопштени радови на међународним и домаћим скуповима указују на поступно извршена истраживања целину по целину, а резултати истраживања изразито наглашени смисао кандидата да се бави самосталним теоријским и експерименталним истраживањима у домену предложене теме дисертације, што по мишљењу Комисије даје значајан научни допринос у области производне метрологије, посебно у дефинисању интелигентног концепта планирања инспекције на мерним машинама. Део тих радова је набројан у одељку 4.3 овог Реферата. Кандидат је кроз студијску посету Институту за производно машинство где је радио експериментална мерења показао и способност да организује сарадњу са другим истраживачима у реализацији неког истраживања и објављивање резултата те сарадње.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Интелигентни приступ планирању инспекцији на мерним машинама је отворен истраживачки простор који интегришући метролошку и геометријску сложеност призматичних делова, интуицију и знање планера инспекције на излазу даје протокол мерења или листу података за управљање мерном машином. Спроведена истраживања у овој дисертацији дају развој једног новог интелигентног концепта планирања инспекције призматичних делова у циљу смањења времена мерења и повећања аутономности процеса планирања инспекције на основу аутоматског генерисања протокола мерења, оптимизације путање мерног пипка применом колоније мрава, анализе приступачности односно аутоматског конфигурисања мерних пипака.

Према постављеним и потврђеним хипотезама остварени научни допринос у оквиру предметне докторске дисертације обухвата:

- Развијену инжењерску онтологију за домен мерења призматичних делова на мерној машини и онтолошку базу знања: онтологија инкорпорира све потребне информације моделирајући их помоћу онтолошких компоненти као што су класе, индивидуе, особине, хијерархија класа, хијерархија особина итд., док онтолошка база знања даје одговор на унапред постављена питања уз помоћ тзв. резонера софтвера *Protégé* махом уз помоћ правила за декомпозицију примитива. Дефинисањем инжењерске онтологије уз помоћ представљеног метода дефинише се скуп термина, који пресликан у домен изградње база знања представља скуп који се састоји из основних компоненти базе знања тј. ентитета и релација између ентитета. Класе инжењерске онтологије су ентитети базе знања, а релације између ентитета су особине инжењерске онтологије.
- Модел планирања инспекције призматичних делова на мерној машини: састоји из моделирања примитива за инспекцију, дистрибуције мерних тачака, анализе приступачности мерног сензора, принципа избегавања колизије и планирања путање мерног сензора. У моделу је симулирана путања мерног пипка и то на основу три алгорита: алгорита за дистрибуцију мерних тачака, алгорита за избегавање колизије и алгорита за планирање путање мерног сензора. Излаз из симулације је мерни протокол за мерну машину *ZEISS UMM500*. Представљени модел је један нов приступ аутоматској инспекцији и основа за развој интегрисаног интелигентног концепта планирања инспекције. Предност овог прилаза се огледа у смањењу времена припреме мерења на основу аутоматског генерисања протокола мерења, могућности за оптимизацију путање мерног пипка тј. смањењу времена мерења и анализи постављања дела, као и аутоматском конфигурисању мерних пипака.
- Модел оптимизације планиране мерне путање применом оптимизационог алгорита на бази колоније мравца: у основи је математички модел који дефинише иницијалну путању престављену скупом тачака са дефинисаним редоследом за пролазак пипка без колизије и решењу *TSP* применом колоније мравца. За решење *TSP* примењен је *AS* алгоритам кретања колоније мравца за проналажење најкраћег пута тј. оптимизоване путање. Оптимизована путања је поређена са оствареном путањом при *on-line* програмирању мерне машине *ZEISS UMM500* и мерном путањом добијеном у модулу за инспекцију на мерној машини у софтверу *Pro/ENGINEER*. Резултати поређења оптимизоване путање и *on-line* програмиране путање показују минимум 20% мање вредности дужине оптимизоване путање, док у поређењу са *Pro/ENGINEER* путањом, показује минимум 10% мање вредности дужине оптимизоване путање.
- Експерименталну верификацију модела планирања инспекције и модела оптимизације планиране мерне путање: извршена је на два тест призматична дела наменски произведена за потребе ових истраживања. Експеримент је извршен на Институту за производно машинство и ласерску технологију у Лабораторији за високо прецизна мерења на Техничком Универзитету у Бечу. Резултати инспекције показују да су све толеранције оба тест дела у прописаним границама.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Круцијални проблем у планирању инспекције призматичних делова је повезивање толерисаних мера призматичних делова са основним геометријским примитивима према *GD&T* (*Geometric and Dimensional Tolerancing*) страндарду, *PMI* (*Product Manufacturing Information*), *IPIM* (*Integrated Product Information Model*) и премошћавање јаза између парцијално успешно развијена два приступа развоју *CAIPP* система, а то су геометријски и толеранцијски. Који од примитива или групе примитива ће бити мерен и када, такође је отворен проблем чије решење даје иницијалну путању мерног сензора и успоставља везу између парова примитива призматичних делова са метролошког аспекта. Истраживања у овој тези су допринос решењу предходно наведена два проблема у циљу реализације дуго очекиваног концепта интелигентног планирања инспекције призматичних делова на мерној машини. Ограничење развијеног приступа је примена само за призматичне делове, не и на делове са слободним површинама за инспекцију, јер је модел планирања инспекције и модел оптимизације развијен само за основне геометријске примитиве из којих се састоје призматични делови.

4.3. Верификација научних доприноса

Докторанд Славенко Стојадиновић је кроз усавршавање и рад на више научних и стручних пројеката као и студијску посету Техничком Универзитету у Бечу где је и урадио експерименталну верификацију модела (академски супервизор: Проф. др Нуман Дуракбаса) био аутор и коаутор преко 25 радова на домаћим и међународним скуповима и часописима.

Научни допринос докторске дисертације је верификован у следећим радовима објављеним у референтним међународним и домаћим научним часописима, престижним конференцијама у земљи и иностранству, као и кроз учешће у деловима домаћих пројеката:

M23 Научни рад у међународном часопису (SCI)

- [1] **Stojadinovic, S.**, Majstorovic, V., Durakbasa, N., Sibalija, T., Ants Colony Optimization of the Measuring Path of Prismatic Parts on a CMM, **Metrology and Measurement Systems**, Volume 23, Number 1, 2016, doi: 10.1515/mms-2016-0011 (**IF=0.925**) (ISSN 0860-8292). Потврда о објављивању рада налази се у прилогу Извештаја.

M24 Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком

- [1] Majstorovic, V., **Stojadinovic, S.**, Sibalija, T., Development of a knowledge base for the planning of prismatic parts inspection on CMM, Acta IMEKO, pp. 10-17, Vol.4, No. 2, 2015, International Measurement Confederation (IMEKO) (ISSN: 2221-870X).
- [2] **Stojadinovic, S.**, Majstorovic, V., Developing engineering ontology for domain coordinate metrology, FME Transactions, pp. 249-255, Vol. 42, No. 3, 2014, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, doi:10.5937/fmet1403249S (ISSN: 1451-2092).
- [3] **Stojadinovic, S.**, Majstorovic, V., Towards the development of feature - based ontology for inspection planning on CMM, Journal of Machine Engineering, pp. 89-98, Vol. 12, No. 1, 2012, Editorial Institute of the Wroclaw Board of Scientific Technical Societies Federation NOT (ISSN 1895-7595).

M31 Радови по позиву саопштени на скуповима међународног значаја штампани у целини

- [1] Majstorovic, V., **Stojadinovic, S.**, Cyber-physical manufacturing – intelligent model for inspection planning on CMM, 12th International Scientific Conference MMA 2015 - Flexible Technologies, Proceedings, ISBN 978-86-7892-722-5, pp. 93-96, Novi Sad, Serbia, 25th – 26th September 2015, Faculty of Technical Sciences, Department of Production Engineering.

M33 Радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини

- [1] **Stojadinovic, S.**, Majstorovic, D. V., An algorithm for simulation CMM measuring path based on the CAD model, 8th International Working Conference "Total Quality Management – Advanced and Intelligent Approaches", Proceedings, ISBN 978-86-7083-859-8, pp. 63-68, Belgrade, Serbia, 1st – 5th June 2015, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade.
- [2] **Stojadinovic, S.**, Majstorovic, D. V., A feature – based path planning for inspection prismatic parts on CMM, XXI IMEKO World Congress "Measurement in Research and Industry", Proceedings, ISBN 978-80-01-05793-3, pp. 1551-1556, Prague, Czech Republic, August 30th - September 4th, 2015, Czech Technical University in Prague, Faculty of Electrical Engineering, Department of Measurement.
- [3] Majstorovic, V., Macuzic, J., **Stojadinovic, S.**, Zivkovic, S., Sibalija, T., Marinkovic, V., Cyber physical manufacturing – integrated quality approach, 6th International Symposium on Industrial Engineering, Proceedings, ISBN 978-86-7083-864-2, pp. 133-136, Belgrade, Serbia, 24th-25th September 2015, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade.
- [4] Majstorovic V., **Stojadinovic S.**, Research and development of knowledge base for inspection planning prismatic parts on CMM, 11th International Symposium on Measurement and Quality Control 2013, Proceedings, ISBN 978-16178-20199, pp.46–52, Cracow-Kielce, Poland, September 11-13, 2013, International Measurement Confederation (IMEKO).
- [5] **Stojadinovic, S.**, Majstorovic, D. V., Inspection planning for prismatic parts on CMM based on ontology knowledge base, 7th International Working Conference "Total Quality Management –

Advanced and Intelligent Approaches", Proceedings, ISBN 978-86-7083-791-1, pp. 71-76, Belgrade, Serbia, 3rd – 7th June 2013, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade.

- [6] **Stojadinovic, S.**, Majstorovic, D. V., Engineering ontology – state of the art and future development, 6th International Working Conference "Total Quality Management – Advanced and Intelligent Approaches", Proceedings, ISBN 978-86-7083-727-0, pp. 53-58, Belgrade, Serbia, 6th – 10th June 2011, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade.
- [7] **Stojadinovic, S.**, Majstorovic, D. V., Metrological primitives in production metrology – ontological approach, Proceedings, 34th International Conference on Production Engineering, Proceedings, ISBN 978-86-6055-019-6, pp. 29-30, Nis, Serbia, 28 – 30th September 2011, University of Nis, Faculty of Mechanical Engineering in Nis.

M61 Рад по позиву саопштен на скупу националног значаја штампан у целини

- [1] Tanović, Lj., Bojanić, P., Glavonjić, M., Milutinović, D., Majstorović, V., Puzović, R., Kokotović, B., Popović, M., Živanović, S., Slavković, N., Mladenović, G., **Stojadinović, S.**, Razvoj nove generacije domaćih obradnih sistema - rezultati istraživanja za 2011. godinu, 38. JUPITER konferencija, Uvodni radovi, Zbornik radova, ISBN 978-86-7083-757-7, str. UR.76-UR.95, Beograd, Srbija, 15 - 16. maj, Mašinski fakultet, Beograd.

M63 Радови саопштени на скуповима националног значаја, штампани у целини

- [1] **Стојадиновић, С.**, Мајсторовић, В., Durakbasa, M., Аутоматско планирање путање мерног сензора при инспекцији призматичних делова на мерној машини, 39. ЈУПИТЕР Конференција, 19. симпозијум „МЕНАЏМЕНТ КВАЛИТЕТОМ“, Зборник радова, ISBN 978-86-7083-838-3, стр. 5.19-5.26, Београд, Србија, 28 - 29. октобар 2014., Машински факултет, Београд.
- [2] **Стојадиновић, С.**, Мајсторовић, В., Одређивање редоследа инспекције основних геометријских примитива на НУММ, 38. ЈУПИТЕР Конференција, 18. симпозијум „МЕНАЏМЕНТ КВАЛИТЕТОМ“, Зборник радова, ISBN 978-86-7083-757-7, стр. 5.25-5.30, Београд, Србија, 15 - 16. мај 2012., Машински факултет, Београд.
- [3] **Стојадиновић, С.**, Мајсторовић, В., Примена VAST – мерне технологије и оптичких метода у развоју холистичких мерења у производној метрологији, 37. ЈУПИТЕР Конференција, 17. симпозијум „МЕНАЏМЕНТ КВАЛИТЕТОМ“, Зборник радова, ISBN 978-86-7083-724-9, стр. 5.12-5.17, Београд, Србија, 11-12. мај 2011., Машински факултет, Београд.
- [4] **Stojadinović, S.**, Majstorović, V., Metrološka interoperabilnost, MENADŽMENT TOTALNIM KVALITETOM & IZVRSNOST (Zbornika radova sa Evropske nedelje kvaliteta, Novi Sad, 11.-12. novembar 2010.), Vol. 38, No 4, 2010, str. 83-89 (ISSN 1452 – 0680).
- [5] Majstorović, V., **Stojadinović, S.**, Koncept ontologije i njena primena u mašinskom inženjerstvu, MENADŽMENT TOTALNIM KVALITETOM & IZVRSNOST (Zbornika radova sa Međunarodne konvencije o kvalitetu, Niš, 14.-16. septembar 2010.), No 3, Vol. 38, 2010, str. 15-21, (ISSN 1452 – 0680).
- [6] Majstorovic, D. V., Macuzic, Z. J., Sibalija V. T., **Stojadinovic, S.**, Cyber-physical manufacturing – advanced toward new industrial paradigm, XXIX JUPITER Conference, Proceedings, ISBN 978-86-7083-8383, pp. 5.1 – 5.6, Belgrade, Serbia, 28th – 29th October 2014, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade.

Учешће у пројектима које финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја:

- [1] Пројекат ТР-35022 "Развој нове генерације домаћих обрадних система", руководилац пројекта Проф. др Љубодраг Тановић, Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (2010–2015).
- [2] Пројекат ТР-35007 "Интелигентни роботски системи за екстремно диверзификовану производњу", руководилац пројекта Проф. др Петар Петровић, Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (2010–2015).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација под називом „ИНТЕЛИГЕНТНИ КОНЦЕПТ ПЛАНИРАЊА ИНСПЕКЦИЈЕ ПРИЗМАТИЧНИХ ДЕЛОВА НА МЕРНОЈ МАШИНИ“ кандидата Славенка Стојадиновића, дипл. инж. маш., представља оригиналан научно-истраживачки рад високог ранга у области производног машинства у коме је аутор дао значајан допринос развоју интелигентног концепта планирања инспекције, као и решавању важних теоријских и практичних проблема везаних за избегавање колизије, онтолошке структуре за дефинисање веза између толеранција и геометрије и оптимизацију мерне путање применом колоније мрава. Комисија такође сматра да је кандидат кроз дисертацију показао висок ниво стручног и теоријског знања које ће му омогућити успешан будући самостални научно-истраживачки рад.

На основу прегледа и оцене докторске дисертације кандидата

Славенка Стојадиновића, дипл.инж.маш.

са темом

Интелигентни концепт планирања инспекције призматичних делова на мерној машини,

Комисија за оцену и одбрану закључује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима и позитивној пракси у научно-истраживачком раду, као и то да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и да је у складу са Статутом и Правилником о докторским студијама Машинског факултета у Београду.

Сходно члану 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета у Београду Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да овај Реферат прихвати, дисертацију стави на увид јавности и упути реферат на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да се након тога кандидат позове на јавну одбрану.

С поштовањем,

Чланови Комисије:

У Београду, 27.01.2016. године

др Видосав Мајсторовић, редовни професор, ментор
Универзитет у Београду - Машински факултет

др Бојан Бабић, редовни професор
Универзитет у Београду - Машински факултет

др Мирослав Трајановић, редовни професор
Универзитет у Нишу - Машински факултет

др Радован Пузовић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Машински факултет

др Саша Живановић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Машински факултет



Authors:

Slavenko Stojadinovic, Vidosav Majstorovic, Numan Durakbasa, Tatjana Sibalija

Decision letter:

December 07, 2015

MMS-00111-2015-02

ANTS COLONY OPTIMISATION OF THE MEASURING PATH OF PRISMATIC PARTS ON A CMM

Dear Slavenko Stojadinovic,

I am pleased to inform you that your manuscript, entitled: ANTS COLONY OPTIMISATION OF THE MEASURING PATH OF PRISMATIC PARTS ON A CMM, has been finally accepted for publication in our journal, the issue 1/2016.

Thank you for submitting your work to us.

Kindest regards,
Janusz Smulko
Editor-in-Chief
Metrology and Measurement Systems

Review 1:

The paper has been significantly improved. Good job!

Review 2:

Revision acceptable for publication

Review 3:

Thank you for your answers and improvements. I have no other negative comments.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:288/3
Датум: 11.02.2016. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

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 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 11.02.2016. године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ИНТЕЛИГЕНТНИ КОНЦЕПТ ПЛАНИРАЊА ИНСПЕКЦИЈЕ ПРИЗМАТИЧНИХ ДЕЛОВА НА МЕРНОЈ МАШИНИ“** студента **СЛАВЕНКА СТОЈАДИНОВИЋА**, дипл. инж. маш.

Јавна одбрана докторске дисертације обавиће се по добијању сагласности Универзитета у Београду.

Универзитет у Београду је својом Одлуком број 61206-3695/2-13 од 16.09.2013. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Објављени радови студента у часописима међународног значаја:

[1] **Stojadinovic, S.**, Majstorovic, V., Durakbasa, N., Sibaliја, T., Ants Colony Optimization of the Measuring Path of Prismatic Parts on a CMM, **Metrology and Measurement Systems**, Volume 23, Number 1, 2016, doi: 10.1515/mms-2016-0011 (**IF=0.925**) (ISSN 0860-8292).

Потврда о објављивању рада налази се у прилогу Извештаја.

Одлуку доставити: студенту, ментору, Катедри за производно машинство и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић