

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовao комисију: Решењем бр. 012-199/52-2022 од 28.03.2024. године, на основу Одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука, а у складу са Статутом Факултета техничких наука, Декан Факултета техничких наука именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1.	Др Миодраг Хаџистевић	Метрологија, квалитет, еколошко-инжењерски аспекти, алати и прибори, 22.04.2015. год.
	редовни професор	ужа научна област и датум избора
	презиме и име	звање
	Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду	председник
	установа у којој је запослен-а	функција у комисији
2.	Др Бојан Ачко	Технолошки мерилни системи ин каковост, 10.04.2012. год.
	редовни професор	ужа научна област и датум избора
	Презиме и име	звање
	Факултет за стројништво, Универзитет у Марибору	члан
	установа у којој је запослен-а	функција у комисији
3.	Др Бисерка Руње	Стројарство, 15.12.2020. год.
	редовни професор	ужа научна област и датум избора
	презиме и име	звање
	Факултет стројарства и бродоградње, Универзитет у Загребу	члан
	установа у којој је запослен-а	функција у комисији
4.	Др Зорана Танасић	Индустријско инжењерство и менаџмент, 24.11.2022.
	редовни професор	ужа научна област и датум избора
	презиме и име	звање
	Машински факултет, Универзитет у Бањој Луци	члан
	установа у којој је запослен-а	функција у комисији
5.	Др Марио Шокац	Метрологија, квалитет, еколошко-инжењерски аспекти, алати и прибори, 01.10.2020. год.
	доцент	ужа научна област и датум избора
	презиме и име	звање
	Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду	члан
	установа у којој је запослен-а	функција у комисији
6.	Др Бранко Штрбац	Метрологија, квалитет, еколошко-инжењерски аспекти, алати и прибори, 17.02.2022. год.
	ванредни професор	ужа научна област и датум избора
	презиме и име	звање
	Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду	ментор
	установа у којој је запослен-а	функција у комисији
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ		
1. Име, име једног родитеља, презиме: Горан, Милорад, Јотић		

2. Датум рођења, општина, држава:
10.10.1985. год., Теслић, БиХ
3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:
Машински факултет Бања Лука, Производно машинство, дипломирани инжењер машинства-мастер (интегрисане основне и мастер студије)
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:
2012. година, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Машинство.

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

ОДРЕЂИВАЊЕ МЕТРОЛОШКИХ ПЕРФОРМАНСИ КООРДИНАТНИХ МЈЕРНИХ СИСТЕМА

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.

Докторска дисертација кандидата *Msc. Горана Јотића*, под називом „**Одређивање метролошких перформанси координатних мјерних система**” садржи 121 нумерисану страницу, са 65 графичких илустрација у виду слика и графикона, 66 табела са нумеричким подацима и 144 литературна извора. Испред основног дела текста, у раду су наведени: наслов рада, кључна документацијска информација, садржај рада, преглед скраћеница, преглед коришћених ознака, преглед слика и преглед табела.

Истраживања реализована у оквиру докторске дисертације су приказана кроз седам поглавља. У наставку је представљен садржај рада са назнаком броја страна сваког поглавља.

- Увод (5 страна)
- Координатна метрологија и координатни мјерни системи (16 страна)
- Верификација перформанси координатних мјерних система (20 страна)
- Експериментална истраживања (20 страна)
- Оцјена перформанси КМС на бази експерименталних истраживања (22 страна)
- Одређивање несигурности координатних мјерења (23 стране)
- Закључна разматрања (3 стране)
- Литература (12 страна)

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Наслов докторске дисертације је јасно дефинисан, описујући разматрану проблематику и област истраживања.

У поглављу Увод наглашен је значај координатних мерних система (КМС) у индустрији. Затим, указано је на чињеницу да су КМС комплексни мерни системи, да су као такви базирани на различитим принципима рада и да постоји много фактора који утичу на тачност мерних система. У том контексту, наглашена је потреба за даљним истраживањем метода за процену тачности КМС и мерне несигурности карактеристичне за одређени мерни задатак. У складу са наведеним образложени су мотивација и предмет истраживања, затим дефинисани циљеви и научне хипотезе. *Комисија констатује да су предмет истраживања, циљеви и научне хипотезе јасно дефинисани.*

У поглављу Координатна метрологија и координатни мјерни системи дат је преглед постојећих координатних мерних система и мерних сензора који се користе у сврху верификације димензионалних и геометријских спецификација производа у складу са спецификацијама датим у техничкој документацији. Представљени су принципи на којима је базиран рад испитиваних мерних система, затим детаљно је описан процес реализације мерења укључујући карактеристичне процедуре коришћених система.

Комисија констатује да је извршен детаљан и систематичан преглед анализираних мерних система и њима карактеристичних процедура мерења.

У поглављу Верификација перформанси координатних мјерних система представљен је концепт следљивости мерења. С обзиром на различит принцип рада и велики број утицајних фактора на

тачност мерења, дат је систематичан преглед постојећих процедура за процену тачности испитиваних мерних система и референтних стандарда који се користе у ту сврху. У циљу обезбеђења следљивости мерења неопходно је извршити процену несигурности мерења. У том погледу, дат је преглед метода за процену мерне несигурности. На крају поглавља дат је преглед најважнијих карактеристика досадашњих истраживања у области одређивања метролошких перформанси координатних мерних система. Посебна пажња усмерена је на координатне мерне машине, оптичке мерне системе и СТ скенере.

Комисија констатује да је извршен детаљан и систематичан преглед метода за процену тачности анализираних мерних система и несигурности координатних мерења. Такође, дат је систематичан преглед постојећег стања у области истраживања усклађен са проблематиком која се изучава у дисертацији.

У поглављу Експериментална истраживања предложена је методологија за процену тачности координатних мерних система базирана на анализи грешака мерења. Приказани су структура и основни кораци истраживања. Поред тога, представљени су материјали, методе, мерни системи и опрема која је кориштена током истраживања.

Комисија констатује да је методологија истраживања адекватна и да је представљена у складу са истраживањима и научним хипотезама.

У поглављу Оцјена перформанси КМС на бази експерименталних истраживања извршено је испитивање тачности различитих мерних система на бази предложене методологије истраживања. Након тога извршена је оптимизација процеса мерења са аспекта тачности мерног система. Приказани су резултати мерења параметара референтног радног предмета за различите вредности улазних параметара процеса мерења. Добијени експериментални резултати статистички су анализирани како би се утврдила значајност и степен утицаја контролисаних фактора на одзив процеса мерења.

Комисија констатује да је експериментални дио истраживања реализован у складу са предложеним планом истраживања. Резултати експерименталног истраживања су јасно и детаљно представљени, те адекватно статистички анализирани.

У поглављу Одређивање несигурности координатних мјерења представљене су процедуре за процену мерне несигурности карактеристичне за одређене мерне задатке реализоване испитиваним мерним системима. Извршена је анализа и дискусија резултата. У наставку извршена је оптимизација процеса мерења са аспекта мерне несигурности. Процењене су вредности мерне несигурности за различите вредности контролисаних фактора процеса мерења. Добијени експериментални резултати статистички су анализирани како би се утврдила значајност и степен утицаја контролисаних фактора на мерну несигурност.

Комисија констатује да су примењене процедуре за процену мерне несигурности адекватне и да су спроведене у складу са постављеним циљевима истраживања. Резултати оптимизације процеса мерења са аспекта мерне несигурности су јасно и детаљно представљени, те адекватно статистички анализирани.

У поглављу Закључна разматрања истакнути су главни резултати истраживања, оцена резултата истраживања, иновативност и бенефити примењене методологије, ограничења примењене методологије, као и правци будућих истраживања.

Комисија констатује да добијени резултати потврђују оправданост примењене методологије.

У поглављу Литература наведени су литературни извори који су кориштени током израде докторске дисертације.

Комисија констатује да је обим литературе адекватан и да је литература повезана са проблематиком која се изучава у докторској дисертацији.

Сагласно са свим претходно наведеним констатацијама, комисија позитивно оцењује све делове докторске дисертације кандидата Горана Јотића.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду* који је повезан са садржајем докторске дисертације. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду уредника часописа о томе.

Радови објављени у међународном часопису (M23):

- Jotić, G., Štrbac, B., Toth, T., Blanuša, V., Dovica, M., Hadžistević, M.: The Analysis of Metrological Characteristics of Different Coordinate Measuring Systems. *Technical Gazzete*, Vol.30, No.1, pp. 32-38, 2023, DOI: 10.17559/TV-20220204091212 (Engineering, Multidisciplinary; 86/92; IF 2022=0.9).
- Čiča, Đ., Borojević, S., Jotić, G., Sredanović, B., Tešić, S.: Multiple performance characteristics optimization in end milling of thin-walled parts using desirability function, *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, Vol. 44, No. 1, pp. 84 – 94, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1139/tcsme-2019-0038> (Engineering, Mechanical; 125/130; IF 2021=0,456).

Саопштење са међународног скупа штампано у цјелини (M33):

- Jotić, G., Štrbac, B., Toth, T., Ranisavljev, M., Hadžistević, M., Dovica, M., Runje B.: Investigation of the influence of characteristic parameters on the accuracy of CT measurement, *16th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industry Engineering DEMI*, University of Banjaluka, Faculty of Mechanical Engineering, May 2023, pp. 439 – 444, ISBN 978-99976-11-04-8.
- Jotić G., Štrbac B., Tešić S., Hadžistević M.: Comparative study of different optical coordinate measurement systems, *15th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industry Engineering DEMI*, University of Banjaluka, Faculty of Mechanical Engineering, May 2021, pp. 431 – 435, ISBN 978-99938-39-92-7.
- Štrbac B., Hadžistević M., Runje B., Horvatić Novak A., Matin I., Jotić G.: The analysis of the accuracy and evaluation measurement uncertainty of CMM using ball bar, *14th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering DEMI*, University of Banjaluka, Faculty of Mechanical Engineering, May 2019, pp. 545-551, ISBN 978-99938-39-85-9.
- Jotić, G., Hadžistević, M., Pejašinović, Ž., Štrbac, B.: Determination of CMM Uncertainty Using Calibrated Workpieces, *12th International Scientific Conference – Flexible technologies MMA*, Novi Sad, Faculty of technical Science, 2015, pp. 87-91, ISBN 978-86-7892-772-5.

Радови у часопису националног значаја (M52):

- Tešić, S., Jotić, G., Čiča, Đ., Sredanović, B., Štrbac, B., Ranisavljev, M.: Assessing the precision of machine tools through various measurement systems, *Journal of Production Engineering*, Faculty of Technical Sciences, Department of Production Engineering, Vol. 26, No. 2, pp. 18-22, 2023, <http://doi.org/10.24867/JPE-2023-02-018>.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у цјелини (M63):

- Ranisavljev, M., Štrbac, B., Santosi, Z., Šokac, M., Matin, M., Hadžistević, M., Jotić, G.: Application of segmentation algorithms for mono and multi-material components in computed tomography, *14th International Scientific Conference ETIKUM*, Novi Sad, Faculty of technical Science, 2023, pp. 105-108, ISBN 978-86-6022-617-6.
- Jotić G., Štrbac B., Budak I., Hadžistević M.: Implementacija tehnike CAD-inspekcije na predmetima složenog geometrijskog oblika, *37th International Conference on Production Engineering of Serbia*, Faculty of engineering sciences, Kragujevac, 2018, pp. 113-119, ISBN 978-86-6335-057-1.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

Имајући у виду резултате изложене у раду, може се констатовати да је кандидат потврдио постављене хипотезе.

Анализом утицајних фактора на тачност испитиваних координатних мерних система извршен је одабир доминантних фактора са дефинисаним вредностима припадајућих нивоа. Применом Тагучи

дизајн експеримента дефинисане су оптималне вредности контролираних фактора које резултују минималном вредношћу грешке мерења.

Анализа геометрије референтног предмета укључује димензионалну контролу као и проверу толеранција облика и оријентације различитих геометријских обележја применом КММ, 3D ласерског скенера и СТ скенера. Верификација предложеног приступа дала је задовољавајуће резултате с обзиром да су вредности систематских грешака мање од максимално дозвољених грешака дефинисаних спецификацијом произвођача мерних система.

Предложена методологија поред димензионих мерења укључује и геометријске толеранције, што представља један вид надоградње постојећих стандарда и смерница за процену перформанси координатних мерних система.

Мерна несигурност резултата мерења генерисаних применом три различита мерна система процењена је у складу са стандардом ISO 15530-3:2013. Инспекцијом референтног предмета обухваћена су различита геометријска обележја. Истраживања показују да највећи допринос укупној мерној несигурности остварује стандардна несигурност повезана са процесом мерења, што се односи на сва три мерна система.

Верификација резултата мерења спроведена је поређењем измерених вредности са референтним вредностима, одређивањем фактора E_n . На бази примењеног критеријума потврђена је компатибилност резултата за сва три мерна система. Поред тога, вриједности систематских грешака и износи мерних несигурности наговештавају значајно присуство систематских и случајних ефеката на процес мерења.

Резултати докторске дисертације задовољавају опште и посебне критеријуме вредновања научног рада. Кандидат је у решавању научног проблема користио познате и признате научне методе. О резултатима истраживања и непосредним доприносима докторске дисертације шира научна јавност је упозната кроз одређени број публикованих радова у међународним часописима и на конференцијама међународног и националног значаја.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Резултати истраживања приказани су систематично и прегледно. Текстуални подаци су пропраћени адекватним табеларним и графичким приказима, чиме је обезбеђена визуализација и уочљива интерпретација резултата. Резултати истраживања су тумачени применом општих и посебних научних метода, а поред научне вредности имају и практичну импликацију у погледу надоградње постојећих стандарда који се односе на верификацију перформанси координатних мерних система.

Докторска дисертација је проверена у софтверу за детекцију плагијаризма iThenticate. Вредност индекса подударња је 12 %. На свим местима где је детектовано подударње извршено је адекватно цитирање.

Комисија констатује да докторска дисертација представља оригиналан научно-истраживачки рад и да су резултати истраживања адекватно приказани и протумачени применом општих и посебних научних метода.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?

Да, докторска дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

У оквиру дисертације су дефинисани предмет и циљ истраживања, полазне претпоставке (хипотезе) и методе истраживања. Изнете полазне претпоставке су логичне, а спроведена истраживања и анализе добијених резултата самостални и оригинални.

<i>Докторска дисертација садржи све битне елементе.</i>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?</p> <p>Дисертација садржи све битне елементе за сагледавање разматраних проблема који су обрађивани. Добијени резултати представљају научни допринос у области одређивања метролошких перформанси координатних мерних система, конкретно за случај КММ, 3D ласерски скенер и СТ скенер. Додатни бенефит овог рада у односу на постојеће стандардизоване процедуре за верификацију перформанси јесте укључивање толеранција облика и оријентације. Оптимизацијом процеса мерења са аспекта тачности КМС и мерне несигурности обухваћене су комбинације одређених улазних параметара процеса које нису до сада интегрално изучаване у литератури.</p> <p><i>Докторска дисертација представља оригинални научни допринос науци.</i></p>
<p>4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?</p> <p><i>Докторска дисертација нема недостатака који утичу на резултате истраживања.</i></p>
X ПРЕДЛОГ:
На основу наведеног, комисија предлаже:
<p>а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана;</p> <p>б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени);</p> <p>в) да се докторска дисертација одбије.</p>

Нови сад, Марибор, Загреб, Бањалука
14.05.2024. год.

Др Миодраг Хаџистевић, председник

Др Бојан Ачко, члан

Др Бисерка Руње, члан

Др Зорана Танасић, члан

Др Марио Шокац, члан

Др Бранко Штрбац, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.