

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију:</p> <p>Решењем бр. 012-199/37-2017 од 27.02.2020. године, на основу Одлуке Научно-наставног већа Факултета техничких наука, у складу са Статутом Факултета техничких наука, Декан Факултета техничких наука именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.</p> <p>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Др Миодраг Хаџистевић, редовни професор, УНО: Метрологија, квалитет, еколошко-инжењерски аспекти, алати и прибори, 22.04.2015., Факултет техничких наука, Нови Сад, председник.2. Др Душко Павлетић, редовни професор, УНО: Производно стројарство, 26.06.2018., Технички факултет, Ријека, члан.3. Др Ратко Обрадовић, редовни професор, УНО: Рачунарска графика, 15.10.2012., Факултет техничких наука, Нови Сад, члан.4. Др Ђорђе Вукелић, ванредни професор, УНО: Метрологија, квалитет, еколошко-инжењерски аспекти, алати и прибори, 21.10.2015., Факултет техничких наука, Нови Сад, члан.5. Др Александар Ристић, редовни професор, УНО: Геоинформатика, 05.11.2019. Факултет техничких наука, Нови Сад, члан.6. Др Игор Будак, ванредни професор, УНО: Метрологија, квалитет, еколошко-инжењерски аспекти, алати и прибори, 02.06.2015., Факултет техничких наука, Нови Сад, ментор.7. Др Весна Стојаковић, ванредни професор, УНО: Теорије и интерпретације геометријског простора у архитектури и урбанизму, 12.07.2016., Факултет техничких наука, Нови Сад, ментор.
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме:</p> <p>Жељко, Буро, Сантоши</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p>30.10.1989. Нови Сад, Р. Србија</p>

3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив:

Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Производно машинство - Рачунаром подржане технологије, Мастер инжењер машинства

4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:

2013, Машинство

5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -

6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

3Д дигитализација површи без карактеристичних обележја применом блиско-предметне фотограметрије

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикана и сл.

Докторска дисертација је структурирана у 8 поглавља, на 113 страна, садржи 86 слика/графикана/шема/дијаграма, 20 табела и 168 литературних референци. Испред основног дела текста у раду су дати: наслов рада, кључна документацијска информација, захвалница, садржај, попис слика, попис табела и преглед коришћених акронима и скраћеница.

Докторска дисертација се састоји из следећих поглавља:

1. Увод
2. Анализа досадашњих истраживања у области
3. Синтетичке слике и светлосне текстуре
4. Компаративна анализа синтетички генерисаних слика и светлосних текстура
5. Анализа утицаја координације компоненти система 3Д дигитализације CRP засноване на одређивању SfM
6. Верификација синтетичких слика и светлосних текстура код CRP
7. Закључци
8. Литература

У уводном поглављу је представљена област истраживања докторске дисертације, образложен је предмет истраживања, дефинисани су циљеви и постављене су хипотезе истраживања. Ово поглавље завршава краћим описом садржаја дисертације. У другом поглављу приказан је преглед актуелног стања и истраживања у посматраној области. Први део поглавља се бави општим приказом стања изучаваности блиско-предметне фотограметрије, са акцентом на посебну аутоматску методу која је заснована на одређивању структуре из кретања. Даље, у овом поглављу су садржана три потпоглавља од којих се прво односи на приказ детектора и дескриптора локалних обележја који су најчешће имплементирани у фотограметријским софтверима, а заслужни су за дефинисање карактеристичних тачака. У оквиру тог потпоглавља описана су два најчешће примењивана детектора и дескриптора локалних обележја SIFT и SURF. Након тога, у другом потпоглављу, дат је преглед радова који су уско повезани са истраживаном проблематиком у оквиру дисертације, а у последњем потпоглављу образложена је потреба за истраживањима. Треће поглавље је посвећено синтетичким сликама и светлосним текстурама и састоји се од четири потпоглавља. Прво потпоглавље описује иновативан прилаз генерисања синтетичких слика на основу децимала ирационалних бројева. За генерисање ових синтетичких слика коришћене су децимале најчешће коришћених ирационалних бројева: π , ϕ , број e , квадратни корен броја два и квадратни корен броја три. Генерисане синтетичке слике разврстане су у три класе које се

међусобно разликују по броју нијансе сиве. Друго потпоглавље представља наставак креирања синтетичких слика, али уз помоћ детерминистичких алгоритама. Помоћу детерминистичких алгоритама креиране су, аналогно са синтетичким сликама добијеним на основу ирационалних бројева, три класе у које спадају синтетичке слике са униформном, нормалном и комбинованом расподелом хистограма. У трећем потпоглављу акценат је стављен на уређаје за пројектовање светлосних текстура где су описани њихови начини рада, односно предности и мане. Последње, четврто потпоглавље се бави светлосним текстурама. Компаративна анализа синтетички генерисаних слика и светлосних текстура је предмет четврте целине. У оквиру овог поглавља приказане су методе коришћене за евалуацију и оцењивање квалитета синтетичких слика и светлосних текстура, од којих се издвајају вишекритеријумска метода за евалуацију синтетичких слика и развијена планарна (реална и виртуална) метода 3Д дигитализације за рангирање светлосних текстура. На крају поглавља приказани су резултати компаративне анализе који су пропраћени одговарајућом дискусијом. У петом поглављу представљен је и анализиран утицај координације компоненти система 3Д дигитализације код CRP засноване на одређивању SfM где су, поред основног система за аквизицију фотографија са покретном камером и статичним објектом и видео пројектором, представљена још два система који укључују употребу обртног стола. Шесто поглавље је посвећено верификацији синтетичких слика које су коришћене за пројектовање светлосних текстура на две студије случаја. У седмом поглављу су изведени закључци истраживања, при чему је посебна пажња посвећена приказу научних и стручних доприноса, као и могућим правцима даљих истраживања. У осмом поглављу су наведени коришћени литературни извори.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Дисертација садржи све неопходне елементе прописане важећим правилницима.

Предмет истраживања докторске дисертације је проистекао из потребе за проширењем лепезе материјала и објеката 3Д дигитализације. Како би се извршила успешна 3Д дигитализација применом CRP заснованој на SfM, површи објекта морају имати изражену визуелну текстуру. Применом пројектовања светлосних текстура привремено се подиже квалитет визуелне текстуре, тако да и објекти са неповољном визуелном текстуром постају погодни за примену ове методе. Веома неповољна визуелна стања површи јављају се код свих претходно обрађених металних површи као и код површи израђених од полимера, а они су управо доминантни материјали који се користе у свим гранама индустрије. Дескриптори који се користе за детекцију карактеристичних тачака веома лако могу математички да дефинишу локална обележја попут ивица, углова, као и регионе са истим или сличним интензитетом пиксела, под условом да су таква обележја присутна на површи објекта 3Д дигитализације. Уколико је број таквих локалних обележја мали или уопште нису присутни на посматраној површи, доводи се у питање могућност примене CRP засноване на одређивању SfM и реконструкције претходно описаних површи применом ове методе.

Имајући у виду претходно, у истраживању је посебна пажња посвећена решавању проблема 3Д дигитализације површи без карактеристичних обележја применом пројектовања синтетички генерисаних слика у виду светлосних текстура. Акценат је стављен на генерисање нових синтетичких слика које имају изражену визуелну текстуру, њихову евалуацију и примену на објектима са монотоним визуелним површима. Примарни **циљ истраживања** је унапређење тачности резултата 3Д дигитализације CRP засноване на одређивању SfM, код објеката без карактеристичних обележја, уз помоћ пројектованих синтетички генерисаних слика у виду светлосних текстура. Поред овог примарног, секундарни циљ истраживања, представљен у поглављу пет, обухвата анализу утицаја координације компоненти система за 3Д дигитализацију помоћу светлосних текстура, пошто се аквизиција врши само са једном, а не са две или више камера.

У складу са предметом истраживања и постављеним примарним циљем, дефинисане су **хипотезе**:

Прва хипотеза: Могуће је креирати синтетичке слике на основу децимала ирационалних бројева, које би пројектовањем у виду светлосних текстура на површи објекта без карактеристичних обележја привремено подигле квалитет визуелне текстуре, а самим тим и тачност 3Д дигитализације - је потврђена кроз резултате компаративне анализе синтетичких слика и светлосних текстура, као и кроз верификацију прве и друге студије случаја.

Друга хипотеза: Најпогоднија визуелна текстура синтетички генерисане слике има изражену насумичну грубу текстуру. Таква врста текстуре омогућава лаку детекцију карактеристичних тачака. Ова хипотеза је такође потврђена кроз резултате компаративне анализе синтетичких слика и светлосних текстура и кроз верификацију прве и друге студије случаја у којима синтетичка слика заснована на децималама ирационалних бројева са десет нијанси сиве даје најбоље укупне резултате у односу на остале тестиране синтетичке слике и светлосне текстуре.

Одговарајући **закључци** реализованих истраживања су изведени у седмом поглављу докторске дисертације. Након краћег осврта на реализацију циљева и потврђивање хипотеза истраживања, посебно су коментарисани доприноси реализованих истраживања, као и могући правци даљих истраживања који су отворени реализацијом ове докторске дисертације. Резултати истраживања, у општем смислу, представљају допринос у могућности 3Д дигитализације објеката без карактеристичних обележаја помоћу блиско-предметне фотограметрије засноване на одређивању структуре из кретања. Посебан допринос се огледа у приступу креирања синтетичких слика за пројектовање светлосних текстура помоћу децимала ирационалних бројева и начину њихове евалуације кроз развијену планарну методу 3Д дигитализације. Када је реч о могућим правцима будућих истраживања, пре свега треба поменути простор за даље побољшање координације хардверских компоненти, првенствено у смислу мобилности, из разлога што пројектор и објекат за време аквизиције фотографија морају остати у непромењеном релативном положају.

Коришћена **литература** обухватила је велики број научних и стручних публикација, које представљају релевантан извор информација из области спроведеног истраживања. Највећи број цитираних публикација је новијег датума из међународних научних часописа са SCI листе.

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 часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

Рад објављен у врхунском међународном часопису (M21)

1. **Santoši Ž.**, Budak I., Stojaković V., Šokac M., Vukelić Đ.: Evaluation of synthetically generated patterns for image-based 3D reconstruction of texture-less objects, Measurement, 2019, Vol. 147, ISSN 0263-2241

Рад објављен у истакнутом међународном часопису (M22)

1. **Santoši Ž.**, Šokac M., Korolija-Crkvenjakov D., Kosec B., Soković M., Budak I.: Reconstruction of 3D models of cast sculptures using close range photogrammetry, Metalurgija, 2015, Vol. 54, No 4, pp. 695-698, ISSN 0543-5846
2. **Santoši Ž.**, Budak I., Šokac M., Hadžistević M., Vukelić Đ.: Influence of high dynamic range images on the accuracy of the photogrammetric 3D digitization: A case study, Advances in Production Engineering and Management, 2019, Vol. 14, No 4, pp. 391-399, ISSN 1854-6250

Рад објављен у међународном часопису (M23)

1. Budak I., **Santoši Ž.**, Stojaković V., Korolija-Crkvenjakov D., Obradović R., Milošević M., Šokac M.: Development of Expert System for the Selection of 3D Digitization Method in Tangible Cultural Heritage, Tehnicki vjesnik - Technical Gazette, 2019, Vol. 26, No 3, pp. 837-844, ISSN 1330-3651

Рад објављен у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24)

1. **Santoši Ž.**, Budak I., Šokac M., Puškar T., Vukelić Đ., Trifković B.: 3D digitization of featureless dental models using close range photogrammetry aided by noise based patterns, Facta universitatis - series: Mechanical Engineering, 2018, Vol. 16, No 3, pp. 297-305, ISSN 0354–2025

Саопштења са међународних скупова штампана у целини (M33)

1. **Santoši Ž.**, Budak I., Šokac M., Vukelić Đ.: Influence of surface quality on 3D digitization results obtained by close-range photogrammetry, 15. International Conference on Tribology - SERBIATRIB, Kragujevac: University of Kragujevac, Faculty of Engineering , 17-19 Maj, 2017, pp. 566-570, ISBN 978-86-6335-041-0
2. Šokac M., **Santoši Ž.**, Budak I., Vukelić Đ., Puškar T.: Improvement and development of modern diagnostic method in dentistry using advanced 3D digitizing systems, 8. PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology - ICET, Novi Sad: University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, 8-10, Jun, 2017, pp. 1-4, ISBN 978-86-7892-933-5
3. **Santoši Ž.**, Šokac M., Vukelić Đ., Budak I.: 3D Reconstruction of Patient-Specific Dental Bone Grafts by Application of Reverse Engineering Modeling, 9. International Conference on Information Science and Technology (ICIST), Kopaonik: Society for Information Systems and Computer Networks, 10-13 Mart, 2019, pp. 192-195

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

1. **Santoši Ž.**, Šokac M., Trifković B., Til V., Budak I.: Rekonstrukcija 3D modela ljudske vilice primenom fotogrametrijske metode, 9. International Scientific Conference "Metrology and Quality in Production Engineering and Environmental Protection" - ETIKUM, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 19-20 Jun, 2014, pp. 115-118, ISBN 978-86-7892-616-7

Прототип, нова метода, софтвер, стандардизован или атестиран инструмент (M85)

1. Santoši Ž., Budak I., Trifković B., Šokac M., Vukelić Đ., Hadžistević M., Hodolič J.: Nova metoda za akviziciju geometrijskih podataka u dentalnoj protetici na bazi blisko-predmetne fotogrametrije, 2015.

<p>VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА</p>
<p>VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.</p>
<p>Комисија закључује да је начин приказа резултата у дисертацији јасан, прегледан и систематичан, као и да је примењен адекватан научни приступ у складу са карактером проблема истраживања и опште прихваћеном праксом у области истраживане проблематике, што је и потврђено цитатима из кредибилних и актуелних литературних извора. Анализа резултата је такође јасно изложена и спроведена уз примену адекватних метода, пропраћена табелама и дијаграмима који доприносе квалитетнијој и јаснијој анализи добијених резултата. Тумачење резултата истраживања је коректно и стручно.</p> <p>Свеукупно, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.</p> <p>Рад је проверен у софтверу за детекцију плагијаризма iThenticate, у Библиотеци ФТН-а.</p>
<p>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:</p>
<p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме</p> <p>Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме. Испоштован је програм истраживања, изведено је планирано експериментално истраживање, проверене су хипотезе и изведени адекватни закључци.</p>
<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе</p> <p>Дисертација садржи све битне елементе карактеристичне за докторску дисертације у области техничко технолошких наука. Дефинисан је проблем истраживања и постављене су хипотезе истраживања, које су проверене и потврђене на одговарајући и систематичан начин, у складу са методом научног рада. Добијени резултати су адекватно представљени и детаљно дискутовани, а на крају су изведени одговарајући закључци. Кредибилна и актуелна литература је на одговарајући начин наведена и цитирана у тексту дисертације.</p>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци</p> <p>Докторска дисертација, у општем смислу, представља допринос у области унапређења тачности 3Д дигитализације објеката без карактеристичних обележја применом блиско-предметне фотограметрије засноване на одређивању структуре из кретања, односно унапређења тачности финалних полигоналних 3Д модела. Поменути доприноси су реализовани кроз развој синтетичких слика за пројектовање светлосних текстура које потпомажу детекцију карактеристичних тачака на површи објеката са монотоним визуелном текстуром. Посебан допринос се огледа у креирању синтетичких слика за пројектовање светлосних текстура помоћу децимала ирационалних бројева. У оквиру овог приступа искоришћено је својство насумичности цифара децималног записа ирационалних бројева. На основу цифара различитих ирационалних бројева су генерисане синтетичке слике са различитим бројем нијанси сиве. Такође, представљена је планарна реална и виртуелна метода 3Д дигитализације која је коришћена за евалуацију светлосних текстура, а за које је изведен комбиновани показатељ квалитета 3Д дигитализације „Q“. Овај показатељ обједињује три основна показатеља квалитета 3Д дигитализације: средњу и максималну квадратну грешку репројекције и број реконструисаних тачака. Доказано је да на тачност 3Д дигитализације утиче врста пројектоване синтетичке слике, као и број и дистрибуција нијанси сиве коришћене слике. Привременим подизањем квалитета визуелне текстуре површи објеката помоћу светлосних текстура</p>

обезбеђена је успешна 3Д дигитализација објеката без карактеристичних обележја са повишеном тачношћу резултујућег 3Д модела. Развијене светлосне текстуре коју настају пројектовањем синтетичких слика помоћу видео пројектора чине кључне елементе у овом истраживању. Реализацијом студије случаја на физичким објектима, алуминијумски тест комад (машинско инжењерство) и стоматолошки гипсани модел (дентална медицина), тестиране су најбоље рангиране ново креиране и постојеће синтетичке слике – светлосне текстуре. При томе је показано да тестиране нове синтетичке текстуре класе I дају најбоље резултате у погледу тачности. Анализом утицаја координације компоненти фотограметријског система приказана је нова метода за аквизицију фотографија тзв. груписањем фотографија и два нова решења за координацију и управљање компонентама система. Предложена нова идејна решења укључују употребу аутоматизованог обртног стола.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Докторска дисертација нема недостатака који би битније утицали на резултате истраживања.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

На основу свеобухватног прегледа и анализе докторске дисертације „3Д дигитализација површи без карактеристичних обележја применом блиско-предметне фотограметрије” кандидата Жељка Сантошија, Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука и Сенату Универзитета у Новом Саду да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри јавна одбрана.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Др Миодраг Хаџистевић, редовни професор,
председник

Др Душко Павлетић, редовни професор, члан

Др Ратко Обрадовић, редовни професор, члан

Др Ђорђе Вукелић, ванредни професор, члан

Др Александар Ристић, редовни професор, члан

Др Игор Будак, ванредни професор, ментор

Др Весна Стојаковић, ванредни професор, 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.