

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовано комисију: Решењем број <b>012-199/35-2021</b> на основу Одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука, у складу са Статутом Факултета техничких наука, Декан Факултета техничких наука именовано је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације <b>30.09.2021.</b>		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1.	<b>Иветић Драган</b>	ред. проф.
	презиме и име	звање
	Факултет техничких наука у Новом Саду	Примењене рачунарске науке и информатика, 13.01.2010.
	установа у којој је запослен-а	ужа научна област и датум избора
		председник
		функција у комисији
2.	<b>Будак Игор</b>	ред. проф.
	презиме и име	звање
	Факултет техничких наука у Новом Саду	Метрологија, квалитет, еколошко инжењерски аспекти, алати и прибори, 02.06.2020.
	установа у којој је запослен-а	ужа научна област и датум избора
		члан
		функција у комисији
3.	<b>Стојаковић Весна</b>	ванред. проф.
	презиме и име	звање
	Факултет техничких наука у Новом Саду	Теорије и интерпретације геометријског простора у архитектури и урбанизму, 17.11.2016.
	установа у којој је запослен-а	ужа научна област и датум избора
		члан
		функција у комисији
4.	<b>Обрадовић Ратко</b>	ред. проф.
	презиме и име	звање
	Факултет техничких наука у Новом Саду	Рачунарска графика, 15.10.2012.
	установа у којој је запослен-а	ужа научна област и датум избора
		ментор
		функција у комисији
5.	<b>Попконстантиновић Бранислав</b>	ред. проф.
	презиме и име	звање
		Терија механизма и машина и инжењерско цртање са нацртном геометријом, 16.07.2013.

презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Машински факултет у Београду		ментор
установа у којој је запослен-а		функција у комисији

## II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

- Име, име једног родитеља, презиме:  
**Ивана Стојан Васиљевић**
- Датум рођења, општина, држава:  
**3.09.1993. Власеница, РС/БиХ**
- Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:  
**Факултет техничких наука у Новом Саду, Универзитет у Новом Саду, Анимација у инжењерству, Мастер инжењер рачунарске графике**
- Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:  
**2018. година, Анимација у инжењерству**

## III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Примена бесконтактних метода за 3Д дигитализацију скулптуре и уградња заштите од злоупотребе у 3Д виртуелни модел**

## IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

Докторска дисертација под насловом "Примена бесконтактних метода за 3Д дигитализацију скулптуре и уградња заштите од злоупотребе у 3Д виртуелни модел" кандидата Иване Васиљевић изложена је у 12 поглавља на 88 страна. Коришћена литература има 127 навода датих на 10 страна приказана је у 12. поглављу. Докторска дисертација садржи две табеле и 61 слику, интегрисане у основни текст.

Структура докторске дисертације је следећа:

### 1. УВОД (стр. 3-21)

- 1.1. Потреба за истраживањем
- 1.2. Предмет истраживања
- 1.3. Циљ истраживања и хипотезе
- 1.4. План рада и фазе истраживања
- 1.5. Материјали и примењене методе
  - 1.5.1. Фотограметрија
  - 1.5.2. 3Д скенирање
- 1.6. Структура докторске дисертације

### 2. АНАЛИЗА ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА У ОБЛАСТИ (стр. 22-26)

- 2.1. Интелектуална својина
- 2.2. Уградња заштите од злоупотребе у 3Д виртуелни модел
- 2.3. Тачност система за 3Д дигитализацију и 3Д штампача

### 3. КУЛТУРНО НАСЛЕЂЕ (стр. 27-32)

- 3.1. 1Д културно наслеђе
- 3.2. 2Д културно наслеђе
- 3.3. 3Д културно наслеђе
- 3.4. Дигитализација у сврху очувања културног наслеђа

### 4. ИНОВАТИВНИ ПРИСТУП ЗА ЗАШТИТУ 3Д ДИГИТАЛИЗОВАНИХ ОБЈЕКТА КУЛТУРНОГ НАСЛЕЂА (стр. 33-40)

- 4.1. 3Д дигитализација скулптуре и уградња заштите од злоупотребе у 3Д виртуелни модел
- 4.2. Процес 3Д дигитализације
  - 4.2.1. Фотограметријско снимање
  - 4.2.2. 3Д дигитализација структурираном светлошћу

### 5. ЕВАЛУАЦИЈА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА (стр. 41-62)

- 5.1. Геометријске модификације оригиналног 3Д модела скулптуре у софтверу *Zbrush*
- 5.2. Анкета о геометријској сличности скулптура

5.3. Поређење геометрије модела добијених применом скенера *EinScan Pro 2X* у *MeshLab* софтверу

5.4. Поређење геометрије модела добијених методама фотограметрије и структуриране светлости у *CloudCompare* софтверу

5.4.1. Поређење модела мануелним задавањем карактеристичних тачака

5.4.2. Поређење модела задавањем тачака уз коришћење *ICP* алгоритма

**6. ЕКСТРАКЦИЈА УГРАЂЕНЕ ДИГИТАЛНЕ ЗАШТИТЕ ИЗ 3Д ВИРТУЕЛНОГ МОДЕЛА (стр. 63-64)**

**7. ДИСКУСИЈА (стр. 65-67)**

7.1. Дискусија добијених резултата

7.2. Могућност примене резултата

**8. ЗАКЉУЧАК И ПРАВЦИ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА (стр. 68-69)**

8.1. Закључак

8.2. Правци будућег истраживања

**9. Преглед слика (стр. 70-72)**

**10. Преглед табела (стр. 73)**

**11. Преглед коришћених акронима (стр. 74)**

**12. ЛИТЕРАТУРА (стр. 75-84)**

**ПРИЛОЗИ (стр. 85-88)**

Списак објављених научних радова

Биографија кандидата

У **првом поглављу** дата су уводна разматрања, представљени су циљ, хипотезе и предмет истраживања. Детаљно су објашњени материјали и методе 3Д дигитализације коришћене за израду докторске дисертације. Дат је и план рада и фазе истраживања у оквиру докторске дисертације.

**Друго поглавље** приказује досадашња истраживања у области интелектуалне својине, уградње заштите од злоупотребе у 3Д виртуелни модел, што је и тема докторске дисертације. Такође, дат је и кратак преглед истраживања о тачности 3Д штампаца.

**Треће поглавље** бави се културним наслеђем и типовима објеката културног наслеђа, као и поделом истог. Дат је и преглед примене 3Д дигитализованог културног наслеђа.

У **четвртном поглављу** детаљно је описан иновативни приступ за заштиту од злоупотребе 3Д дигитализованих модела културног наслеђа, који је развијен у оквиру ове докторске дисертације. Детаљно је описан процес 3Д дигитализације скулптуре бесконтактним методама, фотограметријом и структурираном светлошћу. Затим је приказано на који начин је извршена уградња заштите од злоупотребе у 3Д модел.

**Поглавље пет** бави се евалуацијом добијених резултата. У овом поглављу приказани су резултати анкете о геометријској сличности (рађене ради визуелног поређења) 3Д модела оригиналне скулптуре и скулптуре са уграђеним заштитним елементом. Урађено је и детаљно описано софтверско поређење добијених 3Д модела скулптуре са уграђеним заштитним елементом и оригиналне скулптуре, као и евалуација и процена прецизности добијених модела на основу различитих приступа 3Д дигитализације (фотограметрија и структурирана светлост). Евалуација и процена прецизности добијених 3Д модела урађена је на два начина, мануелно и аутоматски. Такође, урађено је и поређење 3Д модела дигитализоване скулптуре са уграђеним заштитним елементом од стране вајара и 3Д модела у који је уграђен заштитни елемент на истим местима, али у *Zbrush* софтверу.

**Шесто поглавље** описује могућност екстракције дигиталне заштите из 3Д виртуелног модела.

У **седмом поглављу** урађена је дискусија добијених резултата, а дат је и преглед могућности примене резултата добијених у оквиру истраживања које је тема докторске дисертације.

У **осмом поглављу** изведени су закључци са посебним освртом на научни и стручни допринос истраживања докторске дисертације. Представљене су теме за будућа истраживања.

У **деветом и десетом поглављу** дати су прегледи слика и табела приказаних у докторској дисертацији.

**Једанаесто** поглавље приказује коришћене акрониме.

Последње, **дванаесто поглавље**, даје преглед коришћене литературе.

## V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Предмет истраживања** ове докторске дисертације је креирање приступа за заштиту виртуелних 3Д модела од злоупотребе који су доступни широком аудиторијуму на интернету. Приступ предложен у истраживању је примењен на скулптури, изабраном објекту од историјског значаја. Заснива се на 3Д дигитализацији скулптуре која је измењена додавањем локалних детаља од глине, а које је предложио вајар и на дељењу на интернету 3Д виртуелног модела добијеног дигитализацијом скулптуре са уграђеним заштитним елементом. Детаљи од глине уграђени у скулптуру су асиметрични и дискретни да буду неприметни просечном посматрачу. Оригинална скулптура је такође 3Д дигитализована и генерисан је њен 3Д модел. Добијени 3Д модели су упоређени и измерено је одступање геометрије како би се утврдило у којој мери је уграђени заштитни елемент неприметан за просечног посматрача, али и да се уграђени заштитни елемент може детектовати и по потреби уклонити са 3Д модела са уграђеним заштитним елементом.

**Циљ истраживања** представља креирање новог приступа у заштити дигитализованог 3Д покретног културног наслеђа који локализује заштиту како би се очувао визуелни идентитет уметничког дела за разлику од постојећих заштита уградњом *watermark*-а. Овај приступ могуће је применити на различите типове објеката покретног и непокретног културног наслеђа. Упркос растућој потреби за заштиту од злоупотребе дигиталних 3Д модела културног наслеђа, мали је број истраживања која се баве овом проблематиком.

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

**Основна хипотеза** докторске дисертације јесте да је могуће дигитализовати 3Д културно наслеђе и истовремено омогућити заштиту дигиталног 3Д модела од злоупотребе или крађе. Мада је доминантна техника заштите 3Д модела креирање тзв. *watermark* -а, а ова техника подразумева креирање шума преко целе површине модела коришћењем различитих математичких алгоритама. На тај начин нарушава се естетски доживљај модела са уграђеним *watermark* -ом.

**Друга хипотеза** јесте да је другачијим приступом у заштити 3Д дигиталних модела могуће очувати естетски доживљај уметничког дела. Да би била потврђена ова хипотеза урађена је анкета у којој је учествовало 195 испитаника.

**Трећа хипотеза** јесте да је могуће креирати поступак којим се утврђује да ли је 3Д дигитални модел приказан на интернету, односно његова физичка репродукција, оригинал или фалсификат.

Докторска дисертација се састоји из укупно једанаест поглавља, у оквиру којих су представљени сви елементи реализованог истраживања и садржи све неопходне елементе прописане важећим правилницима.

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.

Наслов докторске дисертације је јасно формулисан и сажето дефинише тематику и садржај дисертације.

**На основу изложеног, Комисија позитивно оцењује све делове докторске дисертације.**

## 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.

Категорија М22:

**Vasiljević, I.**; Obradović, R.; Đurić, I.; Popkonstantinović, B.; Budak, I.; Kulić, L.; Milojević, Z. Copyright Protection of 3D Digitized Artistic Sculptures by Adding Unique Local Inconspicuous Errors by Sculptors. *Appl. Sci.* **2021**, *11*, 7481. <https://doi.org/10.3390/app11167481>

Đurić, I.; Obradović, R.; **Vasiljević, I.**; Ralević, N.; Stojaković, V. Two-Dimensional Shape Analysis of Complex Geometry Based on Photogrammetric Models of Iconostases. *Appl. Sci.* **2021**, *11*, 7042. <https://doi.org/10.3390/app11157042>

Obradović, M.; **Vasiljević, I.**; Đurić, I.; Kićanović, J.; Stojaković, V.; Obradović, R. Virtual Reality Models Based on Photogrammetric Surveys—A Case Study of the Iconostasis of the Serbian Orthodox Cathedral Church of Saint Nicholas in Sremski Karlovci (Serbia). *Appl. Sci.* **2020**, *10*, 2743. <https://doi.org/10.3390/app10082743>

Категорија М33:

Đuric, I.; **Vasiljevic, I.**; Obradovic, M.; Stojakovic, V.; Kicanovic, J.; Obradovic, R. Comparative Analysis of Open-Source and Commercial Photogrammetry Software for Cultural Heritage. eCAADe 2021, Novi Sad, Serbia. **2021**.

**Vasiljević I.**; Obradović R.; Đurić I.; Santoši Ž.; Obradović M.; Budak I. Acquisition of Photographs for Photogrammetric Reconstruction of Sculpture in Different Lighting Conditions – Indoor and Outdoor Photography. In Book of Abstracts of The 7th International Scientific Conference on Geometry and Graphics Mongeometrija 2020. pp. 103-105. Serbian Society for Geometry and Graphics (SUGIG) Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade. **2020**. ISBN 978-86-6060-046-4.

Djuric, I.; Stojakovic, V.; Misic, S., Kekeljevic, I.; **Vasiljevic, I.**, Obradovic, M.; Obradovic, R. Church Heritage Multimedia Presentation-Case study of the iconostasis as the characteristic art and architectural element of the Christian Orthodox churches. eCAADe 37/SIGraDi, Porto, Portugal. **2019**. doi: [10.5151/proceedings-ecaadesigradi2019\\_421](https://doi.org/10.5151/proceedings-ecaadesigradi2019_421)

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

Наведени циљеви докторске дисертације су постигнути. Као резултат исте, креирано је пет 3Д модела исте скулптуре као представника покретног културног наслеђа. Један 3Д модел је модел оригиналне скулптуре, док су преостала четири 3Д модела креирана за потребе анкете путем које је урађена верификација иновативног приступа за заштиту 3Д дигитализованих објеката културног наслеђа који је креиран у оквиру докторске дисертације. Поред анкете, верификација креираног приступа урађена је и софтверски.

Поступак је изведен етапно, а подразумевао је:

- Одабир скулптуре погодне за анализу у оквиру истраживања, са аспекта облика, без узимања у обзир информације о текстури уметничког дела;
- 3Д дигитализација одабране скулптуре;
- Сарадња са кустосом (вајаром) и креирање јединственог локалног заштитног елемента на

скулптури (енг. *digital built-in error*);

- 3Д дигитализација скулптуре са уграђеним заштитним елементом;
- Дигитално креирање заштитног елемента која се креира на 3Д моделу оригиналне скулптуре. Тежи се да ова грешка буде идентична са уграђеном “вајарском грешком”;
- Софтверско поређење добијених 3Д модела скулптуре са уграђеним заштитним елементом и оригиналне скулптуре;
- Софтверско поређење добијених 3Д модела скулптуре применом метода фотограметрије и структуриране светлости;
- Евалуација и процена прецизности посматраних 3Д модела скулптуре са уграђеним заштитним елементом и оригиналног модела;
- Евалуација и процена прецизности добијених модела на основу различитих приступа 3Д дигитализације (фотограметрија и структурирана светлост);
- Евалуација и процена прецизности додатог дигиталног заштитног елемента у односу на додату “вајарску грешку”;
- Анкета о геометријској сличности (ради визуелног поређења) 3Д модела оригиналне скулптуре и скулптуре са уграђеним заштитним елементом.

**Имајући у виду добијене резултате истраживања, предложени иновативни приступ за заштиту 3Д дигитализованих објеката културног наслеђа могуће је ефикасно примењивати у сврху заштите 3Д дигитализованог културног наслеђа.**

#### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:**

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

На основу детаљног увида у докторску дисертацију Комисија закључује да су резултати истраживања приказани и тумачени на коректан, систематичан и научно исправан начин у складу са дефинисаним циљевима, задацима и хипотезама истраживања. Резултати истраживања потврђују постављене хипотезе. Избор наведених метода и начина њихове примене је, у потпуности прилагођен карактеру проблема који су у дисертацији решавани.

Сви слике и табеле су пропраћене адекватним текстуалним описом резултата и одговарајућим коментарима.

Интерпретација резултата је концизна, дискусије, коментари и закључци дати у раду су логични и произилазе из добијених резултата.

**Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.**

Рад је проверен у софтверу за детекцију плагијаризма *iThenticate*, у Библиотеци ФТН-а и установљен је индекс сличности (*Similarity Index*) од 3%.

**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, дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме тезе.**

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

**Докторска дисертација својим насловом, садржајем, резултатима истраживања и начином тумачења истих садржи све битне елементе који се захтевају за радове овакве врсте.**

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Разматрајући целокупну материју докторске дисертације кандидата Иване Васиљевић, Комисија је закључила да докторска дисертација представља оригиналан научни допринос аутора како у теоријском, тако и у практичном смислу. Основа ове оцене је у чињеници да резултати овог истраживања омогућавају практичну примену предложеног приступа, који представља оригиналну идеју за уградњу заштите од злоупотребе у 3Д виртуелне моделе добијене дигитализацијом културног наслеђа, те да се приликом будуће реализације решење може прилагодити различитим објектима културног наслеђа, како покретног, тако и непокретног.

Према доступној литератури, метод уградње заштите од злоупотребе приказан у овој дисертацији, до сада није био описан у научној литератури. Такође, ово истраживање представља добру полазну основу за будуће примене у креирању заштите од злоупотребе 3Д модела доступних на интернету.

**Након анализе докторске дисертације кандидата Иване Васиљевић, Комисија је закључила да дисертација садржи све елементе оригиналног научног рада и да метод описан у овој дисертацији у целости представља оригинални допринос науци.**

4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?

**У дисертацији нису уочени недостаци који би утицали на коначан резултат истраживања.**

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу наведеног, комисија предлаже:
<b>а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана;</b>
б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени);
в) да се докторска дисертација одбије.

Место и датум: Нови Сад, 12.10.2021.

\_\_\_\_\_  
др Драган Иветић, редовни професор, председник

\_\_\_\_\_  
др Игор Будак, редовни професор, члан

\_\_\_\_\_  
др Весна Стојаковић, ванредни професор, члан

\_\_\_\_\_  
др Ратко Обрадовић, редовни професор, ментор

\_\_\_\_\_  
др Бранислав Попконстантиновић, редовни  
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 и да исти потпише.