

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовано комисију: 25.02.2021. Наставно научно веће Факултета техничких наука		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1.	<b>Др Теслић Никола</b>	<b>Редовни професор</b>
	презиме и име	звање
	<b>Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</b>	<b>Рачунарска техника и рачунарске комуникације, 14.04. 2011</b>
	установа у којој је запослен-а	ужа научна област и датум избора
		<b>Председник комисије</b>
		функција у комисији
2.	<b>Др Поповић Мирослав</b>	<b>Редовни професор</b>
	презиме и име	звање
	<b>Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</b>	<b>Рачунарска техника и рачунарске комуникације, 17.07. 2002</b>
	установа у којој је запослен-а	ужа научна област и датум избора
		<b>Члан комисије</b>
		функција у комисији
3.	<b>Др Марковић Вера</b>	<b>Редовни професор</b>
	презиме и име	звање
	<b>Електронски факултет, 05.11.2002 Универзитет у Нишу</b>	<b>Телекомуникације</b>
	установа у којој је запослен-а	ужа научна област и датум избора
		<b>Члан комисије</b> (гостујући члан комисије из друге научне институције)
		функција у комисији
4.	<b>Др Бјелица Милан</b>	<b>Ванредни професор</b>
	презиме и име	звање
	<b>Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</b>	<b>Рачунарска техника и рачунарске комуникације, 21.02.2019</b>
	установа у којој је запослен-а	ужа научна област и датум избора
		<b>Члан комисије</b>
		функција у комисији
5.	<b>Др Кукољ Драган</b>	<b>Редовни професор</b>
	презиме и име	звање
	<b>Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</b>	<b>Рачунарска техника и рачунарске комуникације, 19.09.2003</b>
	установа у којој је запослен-а	ужа научна област и датум избора
		<b>Ментор</b>
		функција у комисији

## II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

**1. Име, име једног родитеља, презиме:**

Драгана, Слободан, Ђорђевић Чегар

**2. Датум рођења, општина, држава:**

25.03.1987. , Ниш, Палилула, Република Србија

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

Електронски Факултет Универзитета у Нишу, Комуникационо информационе технологије, дипломирани (мастер) инжењер електротехнике и рачунарства

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

2012. Рачунарство и аутоматика - Рачунарска техника и рачунарске комуникације

## III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Моделовање утицаја 3Д видеа на квалитет доживљаја

## IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

Докторска дисертација је написана на 125 страна и састоји се од десет поглавља и пописа литературе. Дисертација садржи 39 слика, 21 табелу и 110 референци цитата.

Рад је подељен у десет логичких целина.

Прво поглавље „Увод“ описује предмет, циљ и мотивацију, као и научни допринос истраживања. У првом поглављу детаљно је резимиран избор научне области и допринос рада. Поглавље је подељено на целине:

- 1.1 Предмет истраживања
- 1.2 Мотивација и циљ истраживања
- 1.3 Научни допринос
- 1.4 Организација дисертације

Друго поглавље „Стање у области“ разматра актуелна истраживања квалитета доживљаја, затим корелације емоционалног стања и квалитета доживљаја, субјективних мера у сврху процене квалитета доживљаја, као и различитих техника машинског учења на многобројним скуповима података. Поглавље је подељено на целине:

- 2.1 Стање области квалитета доживљаја
- 2.2 Преглед истраживања корелације психо-физиолошких мера и квалитета доживљаја
- 2.3 Преглед модела за процену и предвиђање емоционалног стања и квалитета доживљаја

У поглављу „Квалитет доживљаја“, детаљно описује комплексности и повезаности са дводимензионалним моделом емоционалних стања. Поглавље је подељено на целине:

- 3.1 Дефиниција квалитета доживљаја
- 3.2 Фактори утицаја на квалитет доживљаја
- 3.3 Квалитет доживљаја 3Д видео садржаја
  - 3.3.1 Кориснички фактори утицаја на 3Д видео садржај - Фактори перцепције корисника
  - 3.3.2 Ефекти услед системских фактора утицаја на 3Д видео садржај

Поглавље „Мерење квалитета доживљаја“ дефинише објективне и субјективне мере употребљене приликом експерименталног дела истраживања. Такође, објашњене су методе мерења субјективних

и објективних мера. Поглавље је подељено на целине:

- 4.1 Дводимензионални модел емоционалних стања
- 4.2 Објективне мере
- 4.3 Субјективне мере

У поглављу „База података“, је представљен ток експерименталног снимања и прикупљање базе података. Детаљно је описано оцењивање и опис видео материјала који је био употребљен у раду. Поглавље је подељено на целине:

- 5.1 Опис базе видео материјала
- 5.2 Поставка експерименталног снимања

У „Преглед употребљених алгоритама“ дефинисано је неколико употребљених обука са надзором (енгл. Supervised learning) у сврху разумевања упоредне анализе приказане употребом алгоритама енгл. Multilayer Perceptron, енгл. General Regression Neural Network и енгл. Support Vector Machine for Regression. Осим техника машинског учења, у овом поглављу, дат је и преглед осталих употребљених статистичких метода и алгоритама. Поглавље је подељено на целине:

- 6.1 Вештачке неуронске мреже
  - 6.1.1 Перцептрон правило обуке
  - 6.1.2 Делта правило обуке
  - 6.1.3 Вишеслојни перцептрон
  - 6.1.4 Levenberg–Marquardt алгоритама
- 6.2 Неуронске мреже са општом регресијом
- 6.3 Метод регресије потпорним векторима - Support Vector Regression SVR
- 6.4 Редукција димензије модела
  - 6.4.1 Анализа базних компоненти
- 6.5 Пеарсон и Спирман корелација

Поглавље „Метода и фазе истраживања“ описује припремну фазу методе у виду необрађених података и издвајању обележја, као и развој и анализу проценитеља емоционалног стања кроз одабир обележја и техника машинског учења.

- 7.1 Припрема необрађених података и филтрирање
- 7.2 Издвајање обележја
- 7.3 Развој и анализа проценитеља емоционалног стања
  - 7.3.1 Одабир обележја
  - 7.3.2 Поставка неуронске мреже

Као кључни део дисертације дати су „Резултати и дискусија“.

Рад се завршава „Закључком“. Фазе описане дијаграмом тока су део истраживања описаних у радовима чији је детаљан списак дат у поглављу „Референце које претходе докторској дисертацији“.

## **V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Проблем изложен у уводном поглављу је актуелан. Приступ његовом решењу је системски и спреман је за практичну потврду у индустријској употреби. Хипотеза дисертације је јасно изложена. Преглед стања у области јасно представља постојећа решења у области. Такође, наводе се све разлике постојећих решења у односу на решење представљено у дисертацији, као и новине које уноси реализовано решење у односу на постојећа анализирана решења.

Од великог значаја је начин на који је детаљно објашњена актуелна област квалитета доживљаја кроз теоријске основе и примену у појединим областим, преко фактора утицаја на квалитет доживљаја па до детаљне анализе квалитета доживљаја 3Д видео садржаја.

Методологија истраживања укључује анализу неколико техника за машинско учење и техника за припрему и претрагу улазних података у сврху проналажења најбољих проценитеља. Варијација улазних параметара и техника машинског учења доприносе упоредној анализи која може бити корисна референца даљим истраживањима у области. Моделовање квалитета доживљаја уз помоћ техника машинског учења и формализације приступа употребом теоријског концепта и статистичких метода део су општег доприноса. Начини моделовања приказани у раду представљају специфични научни допринос у области истраживања. Намера је била да се покаже како се поуздана процена емоционалних стања повезаних са стереоскопским видео садржајем и да се може постићи без потребе за персонализацијом модела процеса, што уноси новину у истраживањима процене квалитета доживљаја на бази психо-физиолошких параметара.

Експериментални део приказан је кроз теоријске основе мерења како субјективних, тако и објективних мера употребљених у истраживању те је на тај начин приказана мултидисциплинарност тезе.

Изузетан допринос области дат је кроз детаљан опис поставке снимања специфичне базе података која осим снимљених био-сигнала и субјективних оцена даје и могућност испитивања субјективних и објективних мера услед дисторзије 3Д видео садржаја. Промена квалитета приказивања 3Д видео садржаја допринела је да се испита моментална промена емоционалног стања и доживљаја садржаја на квалитет приказивања, што је допринело да база података снимљена приликом експерименталног поступка има непроцењиву вредност и јединственост. Описана је и детаљна поставка експерименталног снимања при чему се даје полазна основа за даља истраживања.

Закључак на јасан начин излаже суштински допринос који предложено решење остварује, пружа ретроспективу експерименталних резултата по поглављима и даје предлог будућих праваца истраживања.

Укупно посматрано, дисертација је систематична, јасна и садржајна. Предложено решење је јединствено и као такво чини вредан допринос науци. Решење је добро теоријски подржано, експериментално потврђено и математички уобличено.

## **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.

1. Ђорђевић Ћегар D, Barrada-Ángeles M, Le Callet P, Kukolj D (2020). Modelling Effects of S3D Visual Discomfort in Human Emotional State Using Data Mining Techniques, ISSN 1380-7501, Springer - Multimedia Tools and Applications, 1-27, DOI: 10.1007/s11042-020-08844-3
2. Ђорђевић Ћегар D, Ostojić I, Kukolj D, Pokrić M, Dražić M (2013). Mutilayer Perceptrons Model For Image Quality Assessment; 2013 21st Telecommunications Forum (TELFOR), Str: 765-768, ISBN: 978-1-4799-1420-3, IEEE Catalog Number CFP1398P-CDR, DOI: 10.1109/TELFOR.2013.6716342
3. Ђорђевић Ћегар D, Kukolj D, Peter Schelkens (2014). Image Quality Assessment Using Takagi-Sugeno-Kang Fuzzy Model; 2014 3rd International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC 2014), Paris, France; ICGIP proceedings (and included in SPIE Digital Library), DOI: 10.1117/12.2178767
4. Ђорђевић Ћегар D, Pokrić M, Kukolj D, Ostojić I (2013). Image Quality Assessment Using

Reduced-Reference Nonlinear Model; 2013 IEEE 11th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY); Str: 167-170, ISBN: 978-1-4799-0304-7, IEEE Hungary Section, DOI: 10.1109/SISY.2013.6662562

5. Đorđević Čegar D, Kukolj D, Patrick Le Callet (2014). 3D Image Quality Assessment Using Takagi-Sugeno-Kang Fuzzy Model; IEEE 12th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY 2014), Subotica, Serbia; IEEE Hungary Section, DOI: 10.1109/SISY.2014.6923607
6. Maki T, Đorđević Čegar D, Kukolj D, Varela M (2013). A Reduced-Reference Parametric Model for Audiovisual Quality of IPTV Services, 2013 Fifth International Workshop on Quality of Multimedia Experience (QoMEX), ISBN: 978-1-4799-0738-0, IEEE, DOI: 10.1109/QoMEX.2013.6603193
7. Đorđević Čegar D, Okolišan D, Pokrić M, Kovač J, Kukolj D (2013). Toward Certification of 3D Video Quality of Experience through Inter-Laboratory Comparison; 4th International Workshop on Perceptual Quality of Systems (PQS 2013), Vienna, Austria; Vol: , Br: , Str: 67-72, FTW Forschungszentrum Telekommunikation Wien GmbH, DOI: 10.21437/PQS.2013-12
8. Đorđević Čegar D, Kukolj D, Ostojić I, Okolišan D, Sandić Stanković D (2013). 3D image quality estimation (ANN) based on depth/disparity and 2D metrics. 14th IEEE International Symposium on COMPUTATIONAL INTELLIGENCE and INFORMATICS, Budapest, Hungary; Vol: , Br: , Str: 125-130, ISBN: 978-1-4799-0194-4, IEEE Hungary Section, DOI: 10.1109/CINTI.2013.6705177
9. Kukolj D, Đorđević Čegar D, Bjelica M, Milošević M (2016). Method for determining the emotional state of the user due to the visual impact. Патента пријава П-2016/1174 6/2018; Br: 6, Завод за интелектуалну својину Републике Србије; Kukolj D, Đorđević Čegar D, Dražić M, Vitas M, Ostojić I (2014). Procena kvaliteta multimedijalnog sadržaja upotrebom različitih modela i metrika za estimaciju. InterRegioSci 2014, 7. Научно-стручни скуп Нови Сад, 2014; Покрајински секретеријат за науку и технолошки развој

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:**

У оквиру истраживања предложен је механизам машинског учења, вештачке неуронске мреже, као проценитеље на основу психо-физиолошких параметара измерених у реалном времену током гледања различитих типова 3Д видео садржаја. Истраживање даје увид у различите статистичке моделе који се могу користити у припреми психо-физиолошких података за употребу у анализи података. На основу резултата приказаних у раду може се закључити да се психо-физиолошки параметри могу успешно применити и користити за процену човековог емоционалног стања уз помоћ вештачких неуронских мрежа за употребу у системима реалног времена уграђених у ТВ системе, Infotainment системе и у медицини. Методологија примењена у раду показала је да су одређени мождани сигнали одличан избор као улаз за потребе естимације емоционалног стања услед гледања 3Д видео садржаја. Неуронске мреже су се показале као најприкладнији начин за моделирање процењивача на овој врсти података у односу на друге испитане технике машинског учења.

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

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

Представљено истраживање карактерише темељно и систематично извођење експеримената. База података је специфична и искористива у даљим истраживањима. Резултати експеримената су представљени јасно и систематично, користећи табеле и дијаграме, чиме се остварује боља визуализација добијених резултата. Тумачење добијених резултата је урађено детаљно и разложно. Моделовање утицаја 3Д видео садржаја на квалитет доживљаја је веома сложен проблем из више разлога, а посебно због мноштва фактора утицаја на резултате, због чега је њихово правилно тумачење од изузетне важности.

Тема је веома актуелна и атрактивна за даљу примену у индустрији софтвера и аутономних возила.

Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

Докторска дисертација је проверена у софтверу iThenticate и не представља плагијат.

<b>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>
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
2. Да ли дисертација садржи све битне елементе? Да
3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци? Оригиналност се огледа у више аспеката и то: - пројектовање процењивача квалитета доживљаја 3Д видео записа на основу директних мерења људских психо-физиолошких параметара човека без субјективне процене; - моделовање квалитета доживљаја уз помоћ техника машинског учења; - издвајање и одабир обележја психо-физиолошких података за процесирање емоционалног стања; - дефинисање не-персонализованог модела квалитета доживљаја; - испитивање утицаја визуелне нелагоде на дисторзије у видео садржају и на квалитет доживљаја; употреба комбинације ехо-кардиографа, тј. фреквенције откуцаја срца, електро-дермалне активности и мождане активности у облику електро-енцефалограмних сигнала.
4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања? У дисертацији нису уочени битни недостаци који би утицали на резултат истраживања.
<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу наведеног, комисија предлаже:
<b>а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана;</b>

Место и датум: Нови Сад, 23.04.2021.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1. Председник:

др Никола Теслић  
редовни професор

2. Члан:

др Мирослав Поповић  
редовни професор

3. Члан:

др Вера Марковић  
редовни професор

4. Члан:

др Милан Бјелица  
ванредни професор

5. Ментор:

др Драган Кукољ  
редовни професор

**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.