

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

*Атрибуција одабраних уметничких дела националног културног наслеђа
недеструктивним и хеометријским методама кандидата Велибора Андрића*

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовано комисију: 10. јуна 2021. Наставно-научно веће Природно-математичког факултета		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1. др Ваштаг Ђенђи	редовни професор	Аналитичка хемија 01.10.2014.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Природно-математички факултет		Председник
установа у којој је запослена		функција у комисији
2. др Гаџурић Слободан	редовни професор	Аналитичка хемија 09.11.2017.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Природно-математички факултет		Ментор, члан
установа у којој је запослен		функција у комисији
3. др Маја Гајић Квашчев	виши научни сарадник	Нови материјали 23.03.2020.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Институт за нуклеарне науке Винча		Члан
установа у којој је запослена		функција у комисији
4. др Даниела Королија Црквењаков	ванредни професор	Историјске, археолошке и класичне науке 01.09.2017.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Академија уметности		Члан
установа у којој је запослена		функција у комисији
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ		
1. Име, име једног родитеља, презиме: Велибор, Ђорђе, Андрић		
2. Датум рођења, општина, држава: 23.07.1971. Мостар, БиХ		
3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив: Универзитет у Београду, Факултет за физичку хемију, дипл.физикохемичар		
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: 2014/2015. Хемија		
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:		
Атрибуција одабраних уметничких дела националног културног наслеђа недеструктивним и хеометријским методама		

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

Докторска дисертација Атрибуција одабраних уметничких дела националног културног наслеђа недеструктивним и хеометријским методама кандидата Велибора Андрића је написана на српском језику, ћиричним писмом, на 175 страна текста А4 формата. Подељена је у 8 поглавља: Увод, циљ и структура рада, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Извод, Summary, Литература и Прилог. Рад садржи укупно 85 слика, 10 табела, 69 литературних навода и 3 Прилога. На почетку дисертације налазе се захвалница и садржај, а на крају биографија кандидата, кључна документацијска информација и План третмана података.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Увод, циљ и структура рада

У поглављу Увод, циљ и структура рада су на три стране концизно и јасно дата образложења о потребама и циљевима истраживања. Потребе истраживања су образложене специфичним условима испитивања предмета културног наслеђа и квалитетом генерисаних резултата, као и ограничењима доступне опреме за таква испитивања у Републици Србији. Научно-истраживачки рад документован у овој докторској дисертацији је фокусиран на израду, развој и верификацију хеометријске процедуре засноване на ефикасној методи редукције димензија која омогућава класификацију и атрибуцију уметничких дела у односу на одређену категорију (време, аутор, техника израде) само на основу квалитативних резултата недеструктивних анализа чиме се значајно проширује постојеће знање о тим делима и унапређује могућност за њихову правилну аутентификацију, рестаурацију и конзервацију без нарушавања њиховог интегритета. На основу образложења изнетих у уводу дефинисани су следећи циљеви докторске дисертације:

1. Конструкција и оптимизација преносног инструмента за недеструктивна испитивања (*EDXRF* спектрометар) и његова примена за спектроскопске анализе полихромних површина на уметничким сликама и иконама у циљу идентификације коришћених пигмената као и квалитативни и квантитативни потенцијал генерисаних резултата.
2. Примена одабраних хеометријских метода за редукцију димензија скупова састављених од различитих аналитичких података генерисаних *EDXRF* спектрометријом у циљу добијања додатних информација о анализираним предметима.
3. Тестирање добијених модела на резултатима испитивања других уметничких дела у циљу њихове класификације и атрибуције, а на основу доступних квалитативних резултата *EDXRF* испитивања.

Теоријски део

Теоријски део је написан на 57 страна и подељен је у неколико тематских целина.

У првој тематској целини је детаљно описан савремени концепт анализе предмета културног наслеђа коришћењем инструменталних метода анализе и специфичности тих активности. Наведене су најзначајније инструменталне методе као и њихова подела у односу на критеријуме неинвазивности и недеструктивности који се постављају приликом испитивања предмета културног наслеђа. Дат је и преглед литературе која описује примену различитих инструменталних техника за испитивање предмета културног наслеђа.

Други део описује неопходност мултидисциплинарног приступа проблему проучавања и испитивања културног наслеђа и значај заједничког рада научника из природних и друштвено-хуманистичких наука.

Трећи део садржи опис специфичности вишеслојних полихромних површина на уметничким делима, проблеме и ограничења приликом њихових недеструктивних и неинвазивних испитивања и дефинише проблеме који се могу решити додатним хеометријским анализама.

Четврти део даје приказ *EDXRF* спектрометрије као инструменталне технике која се данас најчешће користи за испитивање уметничких дела, основе и врсте експерименталних изведби, квалитет генерисаних резултата као и њене предности и ограничења.

Пети део дефинише најчешће коришћене хеометријске методе за мултиваријантну анализу резултата испитивања предмета културног наслеђа, хијерархијску кластер анализу (*HCA*), анализу главних компонененти (*PCA*) и дискриминантну анализу, а посебно њену специфичну методу засновану на матрицама расејања. Такође су описане и примена неуронских мрежа у селекцији података из *EDXRF* спектра и њене могућности за аутоматизацију процеса обраде спектра.

Последња тематска целина је посвећена метематичкој основи поступка пројектовања класификатора и класификације објеката на основу квалитативних резултата испитивања.

У оквиру теоријског дела, кандидат вешто користи хетерогену и обимну литературну грађу, коју успешно уклапа у једну целину из које се јасно може сагледати проблематика докторске

дисертације.

Експериментални део

У експерименталном делу који садржи 49 страна описана је конструкција и оптимизација рада првог преносног *EDXRF* спектрометра као и његова примена за испитивање пигмената на бојеним површинама на иконама и уметничким сликама из различитих периода, од 16. до 20. века. Извршена је идентификација пигмената на основу резултата детекције одређених карактеристичних хемијских елемената техником *EDXRF* спектрометрије и њихов приказ по карактеристичним периодима настанка анализираних уметничких дела. Описана је неопходност спровођења додатних хеометријских испитивања у циљу атрибуције дела у односу на одређену карактеристику (време настанка дела). Приказане су и фотографије анализираних уметничких дела са означеним позицијама на којима су извршене анализе.

Резултати и дискусија

Поглавље Резултати и дискусија садржи укупно 42 стране и подељено је у пет целина у оквиру којих је уз бројне слике и табеле дат детаљан опис и јасна дискусија резултата истраживања.

У првом делу су дефинисани врста и обим генерисаних резултата испитивања *EDXRF* спектрометријом, дат је детаљан приказ скупова података који су формиран за хеометријске анализе као и различити начин третмана оригиналне спектралне информације и описан њен потенцијал за хеометријску анализу.

У другом делу овог поглавља је извршена редукција димензија почетних скупова података генерисаних приликом испитивања црвених позиција на иконама, различитим хеометријским методама и оцењена њихова ефикасност у односу на степен очувања почетне информације. Представљени су резултати евалуације тих поступака кроз графичке приказе и нумеричке параметре на основу чега је направљен оптимални избор типа скупа података и методе редукције димензија који дају најбољи резултат приликом анализе квалитативних резултата испитивања *EDXRF* спектрометријом.

У трећем делу је извршена класификација резултата испитивања икона односно анализираних предмета у новоформираном дводимензионалном простору пројектовањем одговарајућег броја линеарних класификатора. Показана је ефикасност класификације резултата у односу на време настанка икона и потврђена претходна сазнања о њима, што је представљено одговарајућим графичким приказима. Различити скупови података и метода редукције димензија су показали различите способности класификације што је кроз дискусију анализирано.

Четврти део описује евалуацију успешности спроведених класификација на различитим скуповима података генерисаних испитивањем *EDXRF* спектрометријом, тестирањем на различите начине укључујући и тестирање са скупом података који није коришћен при изради. На основу оцене успешности класификације и могућности за атрибуцију уметничких дела, као оптимални избор за хеометријски модел је изабрана анализа главних компоненти (*PCA*) примењена на скуп података сачињен од оригиналне спектралне информације (интензитети карактеристичног *X* зрачења односно *EDXRF* спектар) која је третирана на одговарајући начин како би се сачувала максимална информација почетног скупа.

Последњи део поглавља Резултати и дискусија садржи резултате примене изабраног хеометријског модела на скупове података који су генерисани на другим врстама предмета, уметничке слике и односе се на друге врсте резултата, испитивање зелених и жутих пигмената на сликама Надежде Петровић и Катарине Ивановић, респективно. Графички су приказани резултати поступка редукције димензија и класификације и њихова евалуација применом одговарајућих статистичких параметара, а резултати су потврдили постојећа сазнања о анализираном предметима. Потврђен је жељени циљ поступка, да се методом *PCA*, која спада у методе које не захтевају никакво предзнање о анализираним предметима, може реализовати редукција димензија почетног скупа података сачињеног од оригиналне спектралне информације и на тај начин омогућити ефикасна класификација и атрибуција уметничких дела.

Извод

У овом поглављу на 2 стране су на јасан и прегледан начин сумирани и истакнути најзначајнији резултати докторске дисертације.

Summary

Овај део представља закључак докторске дисертације на енглеском језику.

Литература

Ово поглавље на 8 страна садржи 69 одабраних литературних навода, који у широком распону годишта обухватају све важније референце релевантне за разматрану проблематику, с тим да је велики део наведених референци новијег годишта, укључујући и 2021. годину.

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

Кандидат је до сада резултате своје докторске дисертације публиковао у следећим часописима категорије M21:

1. **Velibor Andrić**, Maja Gajić-Kvašček, Daniela Korolija Crkvenjakov, Milica Marić-Stojanović, Slobodan Gadžurić, Evaluation of pattern recognition techniques for the attribution of cultural heritage objects based on the qualitative XRF data, *Microchemical Journal* 167, (2021) 106267;

Кандидат је до сада публиковао резултате свог рада у области докторске дисертације у следећим часописима категорије M23:

2. Ljiljana Damjanović, Olgica Marjanović, Milica Marić-Stojanović, **Velibor Andrić**, Ubavka Mioč, Spectroscopic investigation of two Serbian icons painted on canvas, *Journal of the Serbian Chemical Society*, Vol. 80 No. 6, (2015), 805-817;

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

Хеометријске анализе су спроведене на резултатима *EDXRF* испитивања полихромних површина на иконама и уметничким сликама које су настајале у периоду од 16. до 20. века. На тај начин су обухваћени различите технологије и технике бојења и сликања карактеристичне за одређене временске периоде, сликарски материјали као и различите подлоге (дрво, платно, картон). Недеструктивном елементалном анализом су идентификовани одређени пигменти док је применом хеометријских техника на квалитативне податке (површине и висине карактеристичних пикова фотоапсорпције и расејања) и спектралне информације (одброј по енергијама *EDXRF* спектра) извршена редукација димензија почетног скупа података.

Поређењем резултата процеса редукације димензија за две различите врсте података показана је могућност класификације и атрибуције анализираних предмета на основу само квалитативних и/или оригиналних спектралних информација. Различите вредности очувања информације из почетног скупа указују на могућност да су одређене информације садржане у спектралним подацима који се не могу директно повезати са карактеристичним хемијским елементима (пикови расејања и позадинског сигнала инструмента), али могу дефинисати одређене карактеристике анализираних материјала као целине.

Показана је ефикасност и значај припреме оригиналних спектралних података пре реализације хеометријских метода која укључује фино поравнавање спектра на исту енергетску калибрацију као и искључивање неинформативних података из хеометријске анализе.

Поступак генерисања синтетичких *EDXRF* се показао као применљив поступак за аутоматизацију обраде спектра и селекције податка из њих.

Дефинисан је хеометријски модел заснован на следећим фазама:

- формирање скупа података који чине оригиналне спектралне информације (интензитети карактеристичног X зрачења распоређени по истој енергетској калибрацији);
- реализација процеса редукације димензија тог скупа методом *PCA* и његовом трансформацијом у нови дводимензиони скуп дефинисан са прве две главне компоненте (*PC1* и *PC2*);
- ефикасна класификација анализираних предмета у новоформираном простору.

На основу познавања карактеристика дефинисаног хеометријског модела можемо навести његове предности:

- није потребно познавање структуре почетног скупа података односно познавање информација о уметничким делима која ће бити анализирана;
- могуће је извршити формирање више различитих скупова података како би се хеометријски модел прилагодио специфичним захтевима класификације и атрибуције;
- није потребно вршити додатне обраде спектралне информације (израчунавање површине пикова) које су подложне субјективним утицајима аналитичара чиме се значајно убрзава процес реализације хеометријског модела класификације и атрибуције уметничких дела;
- процес атрибуције је могућ само у односу на добро дефинисану карактеристику анализираних предмета која је искоришћена за израду хеометријског модела.

Комисија је детаљном анализом извештаја тестирања на плагијаризам који је добијен применом софтвера *iThenticate* и увидом у докторску дисертацију кандидата, закључила да докторска

дисертација кандидата Тот Александра јесте оригинално научно дело без елемената плагијаризма.
VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:
Комисија сматра да је текст докторске дисертације написан у складу са опште прихваћеним принципима писања овакве врсте рада. Кандидат је квалитетно и детаљно приступио обради и анализи великог броја експерименталних и рачунских података. Резултати добијени у овој докторској дисертацији изложени су јасно и систематично, графички и табеларно добро интерпретирани, правилно дискутовани и упоређивани са резултатима доступним из релевантне научне литературе. Изведени закључци дају одговарајуће одговоре на све постављене циљеве и проблематику задату на почетку израде тезе. Стога је начин приказа и тумачења резултата истраживања од стране Комисије позитивно оцењен.
IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:
1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме? Према оцени Комисије докторска дисертација кандидата Велибора Андрића је у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.
2. Да ли дисертација садржи све битне елементе? Докторска дисертација је написана у складу са принципима научно-истраживачког рада и садржи све релевантне елементе неопходне за овакву врсту рада: дефинисану тему истраживања, преглед постојећег стања у актуелној области, детаљан опис експеримената, јасан и систематизован приказ резултата и њихове дискусије, списак коришћене литературе, закључак и прилог.
3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци? У овој докторској дисертацији су презентовани резултати који до сада нису били доступни у научној литератури. На основу комплетног увида у докторску дисертацију, постављених циљева истраживања, прегледа научне литературе, добијених експерименталних резултата и њиховог тумачења, Комисија сматра да ова докторска дисертација даје оригиналан научни допринос у данас веома актуелној области испитивања предмета културног наслеђа у циљу њихове аутентификације коришћењем неинвазивних преносних инструменталних техника које генеришу углавном само квалитативне или понекад и семи-квантитативне резултате. Показано је да формиран хеометријски модел заснован на примени методе главних компоненти на одговарајући припремљен скуп резултата испитивања EDXRF спектрометрије омогућује поуздану класификацију анализираних предмета у односу на дефинисану карактеристику без потребе да се познају остале карактеристике тих предмета. На тај начин је остварена могућност за атрибуцију уметничких дела.
4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања? Комисија није уочила недостатке у докторској дисертацији кандидата Велибора Андрића који би имали утицај на изложене резултате истраживања и извођење закључака.
X ПРЕДЛОГ:
На основу наведеног, комисија предлаже: На основу укупне оцене дисертације, увида у истраживачки рад кандидата, и сагласно свим претходно изнетим чињеницама, Комисија предлаже да се докторска дисертација кандидата Велибора Андрића под називом Атрибуција одабраних уметничких дела националног културног наслеђа неструктивним и хеометријским методама прихвати, а кандидату одобри и закаже одбрана.

Место и датум: Нови Сад, 16.07.2021.

1. др Ђенђи Ваштаг, редовни професор
_____, председник
2. др Слободан Гацурић, редовни професор
_____, ментор
3. др Маја Гајић Квашчев, виши научни сарадник
_____, члан
4. др Даниела Королија Црквењаков, ванр. проф
_____, члан