

Република Србија
КРИМИНАЛИСТИЧКО-ПОЛИЦИЈСКИ
УНИВЕРЗИТЕТ

Број: 43/5
Датум: 29. 1. 2025. год.

ВЕЋУ ДЕПАРТМАНА ФОРЕНЗИЧКОГ ИНЖЕЊЕРСТВА
КРИМИНАЛИСТИЧКО-ПОЛИЦИЈСКОГ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Немање М. Вучковића

Поштовани чланови Већа Департмана форензичког инжењерства,

Одлуком Већа научних области природно-математичких и техничко-технолошких студија Криминалистичко-полицијског универзитета 16 бр. 85/6-2-2024 од 20. 12. 2024. именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације докторанда **Немање М. Вучковића, мастер инжењера технологије**, под насловом

„(Био)полимерни прахови за детекцију и визуализацију латентних трагова папиларних линија”

Након прегледа достављене докторске дисертације, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат је 2019. године уписао Докторске академске студије Форензичко инжењерство на Департману форензичког инжењерства Криминалистичко-полицијског универзитета у Београду. Након што је положио све испите предвиђене студијским програмом са просечном оценом 9,83 (девет и 83/100), поднео је пријаву за одобравање теме докторске дисертације бр. 43/9 од 23. 11. 2022. под називом „(Био)полимерни прахови за детекцију и визуализацију латентних трагова папиларних линија”, у научном пољу *Техничко-технолошке науке*, у научној области *Технолошко инжењерство*, и ужој научној области *Форензичко инжењерство*.

Веће научних области природно-математичких и техничко-технолошких студија Криминалистичко-полицијског универзитета прихватило је предложену тему докторске дисертације и кандидату именовало ментора проф. др Николу Милашиновића, Одлуком 28 бр. 85/1-2-2023 од 21. 2. 2023.

У складу са чланом 26 Правилника о докторским студијама (22 бр. 79/10-4-2022 од 19. 9. 2022.), кандидат Немања Вучковић је завршену докторску дисертацију поднео за оцену, уз прилагање потребних доказа (број 43/30 од 9. 12. 2024.).

Сходно члану 26 став 2 Правилника о докторским студијама, ментор је дао писану сагласност број 43/29 од 9. 12. 2024. којом је констатовао да је докторска дисертација кандидата Немање Вучковића подобна за оцену и да кандидат има објављен најмање један рад који је повезан са садржајем докторске дисертације у коме је он први аутор и који је објављен у часопису са импакт фактором са SCI листе, односно SCIE листе.

У складу са чланом 28 став 1 Правилника о докторским студијама, извршена је провера оригиналности достављене докторске дисертације. У складу са чланом 28 став 2 Правилника о докторским студијама, ментор је 10. 12. 2024. доставио позитивно писано мишљење о процени оригиналности докторске дисертације, у којем је констатовао да је докторска дисертација оригиналан резултат научног истраживања које је спровео докторанд и да је цитирање и навођење извора у дисертацији у потпуности урађено у складу са академским правилима и нормама.

У складу са чланом 29 став 1 Правилника о докторским студијама, а након једногласног позитивног мишљења чланова Катедре форензике, усвојен је предлог о образовању Комисије за оцену докторске дисертације, у саставу

- др Смиља Теодоровић, председник, редовни професор, Департман форензичког инжењерства, Криминалистичко-полицијски универзитет у Београду;
- др Мелина Калагасидис Крушић, члан, редовни професор, Катедра за органску хемијску технологију, Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду;
- др Недељко Милосављевић, члан, виши научни сарадник, Универзитет у Београду.

У складу са чланом 29 став 2 Правилника о докторским студијама, Веће научних области природно-математичких и техничко-технолошких студија Криминалистичко-полицијског универзитета је одлуком 16 бр. 85/6-2-2024 од 20. 12. 2024. образовало Комисију за оцену докторске дисертације кандидата Немање М. Вучковића у горенаведеном саставу.

1.2. Научна област дисертације

Докторске академске студије Форензичко инжењерство на Криминалистичко-полицијском универзитету акредитоване су у оквиру образовно-научног поља *Техничко-технолошке науке*, научне области *Технолошко инжењерство*, у складу с чим Комисија

констатује да је предметна докторска дисертација пријављена у научној области за коју је Криминалистичко-полицијски универзитет матичан.

Предложени ментор др Никола Милашиновић је редовни професор на Департману форензичког инжењерства Криминалистичко-полицијског универзитета, изабран у ужој научној области *Хемија* (односно *Хемијско инжењерство* по старој систематизацији). Проф. др Никола Милашиновић задовољава све услове за ментора и налази се на Листи ментора Департмана форензичког инжењерства Криминалистичко-полицијског универзитета. Коаутор је на 29 радова објављених у часописима са импакт фактором на SCI/SCIE листи. Увидом у базу *Scopus* утврђено је 520 хетероцитата и остварени *h*-индекс 14.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Кандидат Немања М. Вучковић је рођен 13. 11. 1995. године у Београду, где је завршио основну школу и Земунску гимназију. Основне академске студије Форензичко инжењерство на Криминалистичко-полицијском универзитету у Београду уписао је 2014, а дипломирао је 2018. године као трећи у класи и најбољи студент у првој генерацији студената основних академских студија Форензичко инжењерство, са просечном оценом 9,53 (девет и 53/100). Мастер академске студије Форензичко инжењерство на Криминалистичко-полицијском универзитету уписао је 2018, а дипломирао је 2019. године са просечном оценом 10 (десет и 00/100) и успешно одбрањеним мастер радом под називом „*Примена микроконјугата хитозана за развијање латентних трагова папиларних линија – пилот студија*”. Докторске студије Форензичко инжењерство на Криминалистичко-полицијском универзитету уписао је 2019. године и положио је све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 9,83 (девет и 83/100).

Од 2014. године ангажован је на више научних и образовних скупова и сајмова, где је представљао значај форензике и њену примену у свакодневном раду безбедносних служби. Од 2016. године активан је члан *Секције форензике полимера* на Криминалистичко-полицијском универзитету, где спроводи истраживања у области синтезе, карактеризације и примене различитих типова (био)полимерних материјала у форензичкој анализи трагова папиларних линија. У периоду од 2020. до 2024. године био је ангажован као члан тима на пројектима у оквиру позива „Доказ концепта” и „Трансфер технологије” Фонда за иновациону делатност Републике Србије.

Током 2023. године, стекао је сертификат о завршеном напредном нивоу курса „Развој и обука предавача” у организацији Међународног криминалистичко-истражног програма помоћи у обуци (International Criminal Investigative Training Assistance Program – ICITAP) и исте године је учествовао у пројекту „CrimeScope: Савремена форензичка анализа” одржаном на Фармацеутском факултету Универзитета у Београду.

У школској 2017/2018. и 2018/2019. години био је ангажован као студент демонстратор у ужој научној области *Хемијско инжењерство* на предметима *Увод у хемију*, *Органска и неорганска хемија* и *Физичка хемија*, а као испомоћ у ужој научној области *Технолошко*

инжењерство на предметима *Хемијско-технолошки инжењеринг* и *Инжењерство полимерних материјала*. У школској 2019/2020. и 2020/2021. години, одлуком ректора Криминалистичко-полицијског универзитета, био је ангажован као сарадник ван радног односа за ужу научну област *Хемијско инжењерство* на Департману форензичког инжењерства на Криминалистичко-полицијском универзитету.

Од јуна 2020. до септембра 2022. године био је запослен у Министарству унутрашњих послова Републике Србије, у Дирекцији полиције, у Полицијској управи за град Београд, у Управи криминалистичке полиције, у Одељењу за сузбијање имовинских деликата, у Одсеку за сузбијање тешких крађа и крађа. Од 1. октобра 2022. године засновао је радни однос на Криминалистичко-полицијском универзитету у звању асистента за ужу научну област *Хемијско инжењерство* (по старој систематизацији), односно *Хемија* (по новој систематизацији).

Кандидат је поднео пријаву теме докторске дисертације, број 43/9 од 23. 11. 2022. године, под називом „*Био*)полимерни прахови за детекцију и визуализацију латентних трагова папиларних линија”, у научној области *Технолошко инжењерство*. Кандидат је завршену докторску дисертацију број 43/30 од 9. 12. 2024. поднео за оцену, уз прилагање потребних доказа.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација је написана на српском језику и има следећу структуру:

1. Увод

- 1.1. Трагови папиларних линија
- 1.2. Методе за визуализацију латентних трагова папиларних линија
- 1.3. Нови приступи за визуализацију латентних трагова папиларних линија
- 1.4. Трагови папиларних линија и контактна ДНК
- 1.5. Био(полимерни) материјали и њихова примена за визуализацију латентних трагова папиларних линија

2. Експериментални рад

- 2.1. Материјали
- 2.2. Оптимизација параметара синтезе (био)прахова
- 2.3. Карактеризација (био)полимерних прахова
- 2.4. Детекција и визуализација латентних трагова папиларних линија
- 2.5. Поређење квалитета визуализације латентних отисака прстију развијених помоћу припремљених формулација и комерцијалног праха

- 2.6. Аутоматски систем за идентификацију отисака прстију
- 2.7. Прикупљање, екстракција, квантификација, амплификација и визуализација контактне ДНК из (латентних) отисака прстију

3. Резултати и дискусија

- 3.1. Одређивање моларне масе хитозана
- 3.2. (ATR)FT-IR анализа
- 3.3. UV-Vis спектрофотометрија у анализи раствора пре и након умрежења формулација хитозана из прве експерименталне поставке
- 3.4. Карактеризација честица прашкастих формулација помоћу оптичке микроскопије
- 3.5. Прелиминарно испитивање припремљених формулација у визуализацији латентних отисака прстију
- 3.6. Међусобно поређење структуре и квалитета визуализације припремљених формулација и поређење са комерцијалним прахом
- 3.7. Примена оптичке микроскопије за одређивање квалитета визуализације латентних отисака прстију помоћу припремљених формулација
- 3.8. SEM анализа формулација на бази хитозана из прве експерименталне поставке
- 3.9. Поређење квалитета визуализације латентних отисака прстију применом најбоље припремљене формулације и комерцијалног праха
- 3.10. Идентификација донора отисака прстију визуализованих најбољом припремљеном формулацијом помоћу аутоматског биометријског система
- 3.11. Испитивање (латентних) отисака прстију визуализованих најбољом припремљеном формулацијом као извора ДНК

4. Закључак и правци будућих истраживања

Попис литературе

Прилози

Дисертација је изложена на укупно 324 стране А4 формата, садржи укупно 77 слика (од тога 38 слика у главном делу дисертације и 39 слика у прилозима), 6 табела и 444 литературна навода. Након насловне странице на српском језику, налази се насловна страница на енглеском језику, страница са информацијама о ментору и члановима комисије за одбрану докторске дисертације и о датуму одбране, страница са изјавама захвалности и странице са насловом, сажетком и кључним речима на српском и енглеском језику. Након тога следе садржај, попис коришћених скраћеница, попис слика,

попис табела, горенаведена поглавља и њихова потпоглавља, попис литературе, прилози, биографија, изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације и изјава о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Наслов докторске дисертације је јасно формулисан и уско описује тему и садржај дисертације.

У уводном делу дисертације описан је настанак папиларних линија, карактеристике и класификација трагова папиларних линија, као и историјат и могућност примене ових (откривених) трагова у идентификацији особа. Затим су детаљно описане оптичке, хемијске и физичке методе за визуализацију латентних трагова папиларних линија, као и нови приступи за визуализацију наведених трагова засновани на металним и флуоресцентним праховима, бојама, пигментима и наноматеријалима. Посебан акценат је потом дат приступима у којима је предложено да трагови папиларних линија могу да послуже као извор биолошког материјала, тачније (контактнoг) ДНК молекула. Такође, наглашена је примена (био)полимерних материјала за визуализацију латентних трагова папиларних линија, а посебно формулација на бази хитозана и декстрана. У складу са одабраном проблематиком истраживања, односно недостацима постојећих метода (попут токсичности) и потребама за повећаном осетљивошћу и селективношћу система за визуализацију латентних трагова, јасно и прецизно су дефинисани предмет, циљ и хипотезе истраживања.

У другом делу дисертације наведени су коришћени материјали и опрема, затим су описани поступци синтезе формулација на бази хитозана и формулација на бази декстрана (уз оптимизацију одређених параметара синтезе), као и карактеризација припремљених (био)полимерних прахова, која је подразумевала одређивање моларне масе полимера, ATR(FT-IR) анализу, UV-Vis спектрофотометрију, оптичку микроскопију и SEM анализу. Такође је детаљно описан поступак депоновања латентних отисака прстију на одређене површине, њихово складиштење и визуализација, а све у складу са I фазом смерница предложених од стране Међународне групе за истраживање отисака прстију. У истраживањима у оквиру резултата који су приказани у овој докторској дисертацији визуализовано је укупно 576 отисака прстију. Квалитет визуализације латентних трагова је потом визуелно и софтверски упоређен са отисцима развијеним комерцијалним сребрним магнетним прахом. Коначно, спроведено је прикупљање, изоловање, квантификација, амплификација и визуализација контактне ДНК из (латентних) отисака прстију, а све у циљу идентификације донора биолошког материјала из контактнoг трага.

У трећем делу дисертације детаљно су приказани и тумачени резултати карактеризације и испитивања припремљених прахова. Резултати ATR(FT-IR) и UV-Vis анализе су потврдили хипотезе, односно интеракцију између компонената система и формирање конјугата/(био)прахова. Такође, оптичком микроскопијом и SEM анализом је утврђено

да припремљене формулације поседују честице малих димензија, униформне расподеле и сферног облика. Након тога, прелиминарно испитивање је указало на чињеницу да се најбољи резултати визуализације добијају применом прашкасте формулације на бази хитозана означене као У7, приликом развијања масних отисака прстију депонованих на стаклену површину. Наведена формулација У7 је потом визуелно (мануелно) директно упоређена са комерцијалним сребрним магнетним прахом, где је показано да се подједнако добри резултати визуализације добијају применом оба наведена праха. Важно је напоменути да су посебно обећавајући одлични резултати визуализације латентних трагова старих три и шест месеци, претходно складиштених у сувим и влажним условима средине. Након тога, приликом аутоматског поређења отисака прстију добијених применом формулације У7 у односу на отиске добијене комерцијалним прахом, припремљена формулација је показала боље резултате како верификације, тако и идентификације донора латентног трага у поређењу са сребрним магнетним прахом. Коначно, показано је да је могуће екстраховати ДНК из биолошког материјала депонованог у латентном трагу развијеном не само комерцијалним прахом, већ и формулацијом У7, при чему је из латентних трагова визуализованих формулацијом У7 генотипизиран донор трага на два микросателитска локуса (*D10S1248* и *D22S1045*) и резултујући (претпостављени) „ДНК профил” се подударио са референтним генотипом једног донора, што је указало на његов идентитет.

У закључку су сумирана сва запажања и резултати добијени на основу истраживања, а такође су дати предлози за будућа истраживања чиме би се потенцијално унапредили припремљени прашкасти системи и додатно поткрепиле поједине тврдње. Закључено је да је на основу свих резултата истраживања, припремљена формулација У7 показала одличну визуализацију латентних трагова папиларних линија приликом поређења са комерцијалним прахом. Посебно је наглашено да су визуализовани контактни трагови изузетно подобни за аутоматску идентификацију донора трага у биометријском систему, као и да успешно указују на идентитет особе која је депоновала траг путем анализе биолошког материјала у њему. Узимајући у обзир и чињеницу да прах не садржи токсичне компоненте, може се закључити да поседује изузетно велики потенцијал за примену у форензичкој пракси као прах за развијање латентних отисака прстију.

Попис литературе садржи 444 литературна навода који у потпуности одговарају тематици докторске дисертације и који су уредно наведени у самом тексту докторске дисертације.

У прилозима 1–3 су уредно и јасно приказани и тумачени целокупни резултати визуализације латентних трагова у различитим временским интервалима након примене формулација на бази хитозана и формулација на бази декстрана, чиме је значајно побољшана и употпуњена ова докторска дисертација.

3. ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Детекција и визуализација латентних трагова папиларних линија је дуже од једног века од великог значаја за рад безбедносних служби, будући да представља један од најчешће примењиваних и врло поузданих метода за идентификацију особа (осумњичених, жртава, итд.). Латентни трагови папиларних линија често остају као случајни трагови на површинама различитих објеката, када за подлогу приањају остаци зноја и себума. Иако постоји много различитих метода које се користе за визуализацију трагова, три главна приступа која се рутински користе у форензичкој пракси су оптичке, хемијске и физичке методе. Како су оптичке методе углавном означене као „помоћне” за друге методе, а хемијске методе испољавају токсичност по здравље људи и животну средину и често онемогућају даљу анализу отисака прстију, предност је дата физичким методама, које се најчешће заснивају на примени прахова, боја и/или пигмената за визуализацију латентних трагова на непорозним и ретко на семипорозним површинама. Прашкасте формулације за развијање отисака прстију се на основу њиховог хемијског састава могу поделити на обичне (класичне), металне, луминисцентне (флуоресцентне) и термопластичне. Врста праха који ће се применити зависи од обојења, структуре и других карактеристика подлоге. Физичке методе су мање агресивне и штетне у поређењу са хемијским, али имају и одређене недостатке. Понекад, неодговарајућа (нестручна) употреба четкице и праха може (неповратно) уништити отисак прста, односно траг. Додатно, неке прашкасте супстанце могу „препунити” отисак прста, док су неке штетне по здравље људи уколико се инхалирају, попут металног праха који садржи гвожђе и/или друге металне љуспице. Такође, иако постојеће методе показују задовољавајуће резултате на одређеним површинама (стаклене, папирне, гумене, дрвене површине, итд.), многе површине и даље представљају велики изазов (ватрено оружје, шарене тканине, људска кожа и слично).

У циљу превазилажења проблема токсичности појединих метода, нови приступи појединих група истраживача укључују коришћење различитих типова (био)полимерних материјала. Полимерни материјали представљају органска или неорганска једињења која се састоје од молекула великих молекулских маса, а према пореклу се могу поделити на природне (биополимери), синтетске и полусинтетске. Имају широку примену у различитим гранама индустрије, као што су авиоиндустрија, аутомобилска индустрија, фармација, медицина, стоматологија, козметика и слично, али научна јавност још увек није довољно упозната са могућностима примене ових материјала у форензичке сврхе. Хитозан и декстран спадају у групу полисахарида и представљају биополимере који имају слободне функционалне групе (код хитозана су то амино- и хидроксилне, док су код декстрана присутне само хидроксилне групе) помоћу којих могу да остваре интеракцију са остацима зноја и себума који су присутни у отisku.

У докторској дисертацији, кандидат је адекватно образложио тему, објаснио актуелне приступе и проблеме, као и значај и допринос истраживања. Истраживање је спроведено у научној области *Технолошко инжењерство*, а ужој научној области *Форензичко инжењерство* и у складу је са савременим научно-истраживачким методама. Будући да форензика представља мултидисциплинарни област, ово истраживање је засновано на фундаменталним и примењеним наукама и научним методама. Узимајући у обзир традиционалне методе за визуализацију латентних трагова, актуелност проблематике и

савремене приступе, докторска дисертација садржи све неопходне елементе за развој и унапређење постојећих метода, допринос форензичкој анализи и поређењу трагова папиларних линија, затим научној заједници, као и свакодневном раду безбедносних служби.

3.2. Осврт на коришћену литературу

Попис литературе садржи 444 литературна навода, укључујући референце које су кључне за увођење појмова и развој теоријских поставки, као и референце које се односе на резултате актуелних научних истраживања у области синтезе, карактеризације и примене различитих система за детекцију и визуализацију латентних трагова папиларних линија, али и различитих приступа за изолацију контактне ДНК и идентификацију донора трага. Коришћена литература у потпуности одговара тематици докторске дисертације и уредно је наведена у самом тексту на местима где је било потребно цитирати одређене наводе, односно тврдње.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Научне методе примењене у истраживањима у оквиру ове докторске дисертације обухватају: историјски метод, метод класификације, метод компаративне анализе, експериментални метод, методе анализе и синтезе, статистички метод, методе индукције и дедукције. Посебно је коришћена метода дигиталне обраде слика, како би визуализовани отисци прстију могли да се доведу у одговарајући формат за отпремање у аутоматски биометријски систем.

За спровођење научног истраживања у оквиру предметне докторске дисертације коришћене научне методе се односе на питање проблема постојећих (традиционалних) метода за развијање латентних трагова, постављање хипотеза и предикција, спровођење експерименталних поступака синтезе и карактеризације прахова, као и на анализу и тумачење резултата и потврђивање хипотеза. Основна хипотеза је била да припремљени (био)полимерни прахови показују добре резултате визуализације латентних трагова, а на одређеним површинама и при одређеним условима чак и боље резултате од рутински коришћених (комерцијалних) прашкастих формулација. Посебне хипотезе односиле су се на чињеницу да употреба (био)полимерних прахова за детекцију латентних отисака прстију неће омести успешну идентификацију особа преко отиска прста и помоћу молекула ДНК из истог трага.

Истраживање је засновано на примени основних и најважнијих савремених теоријских резултата, односно на прикупљању доступне научне литературе, њеној анализи и тумачењу, ради прецизног одређивања проблема и предлагања адекватних решења. На основу теоријског разматрања, као и предлога за оптимизацију и/или унапређење постојећих система, спроведено је експериментално истраживање које је подразумевало синтезу, карактеризацију и примену (био)полимерних прахова за развијање латентних отисака прстију, као и накнадну изолацију ДНК молекула из таквих трагова у циљу

утврђивања идентитета донора трага. Добијени резултати су адекватно представљени и тумачени, а изведени закључци су јасни и обећавајући.

На основу наведених и описаних научних хипотеза и метода, утврђено је да су хипотезе научно потврђене, као и да су употребљене методе адекватне за истраживања спроведена у оквиру ове дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

У оквиру прелиминарног испитивања, синтетисани прахови су показали одлична својства приликом визуализације латентних отисака прстију. У циљу потврде и евалуације квалитета визуализације, отисци развијени применом најбоље синтетисане прашкасте формулације (У7) директно су упоређени наспрам отисака развијених применом комерцијалног сребрног магнетног праха. Поређење је извршено прво визуелно помоћу оптичког микроскопа, а потом и софтверски помоћу аутоматског биометријског система. Добијени резултати указали су на бољи квалитет визуализације применом најбоље синтетисане формулације у односу на комерцијални прах. Поред тога, није примећен деструктиван утицај најбоље синтетисане формулације на изолацију ДНК молекула из тако развијених отисака, односно индикован је идентитет донора трага путем генотипизације на два микросателитска локуса. Ови резултати указују на велики потенцијал најбоље припремљене формулације за примену у свакодневной форензичкој (полицијској) пракси. Директан бенефит од примене наведене формулације могло би да има Министарство унутрашњих послова Републике Србије (МУП РС), као и друге државне и/или комерцијалне установе и/или субјекти. Значајно је напоменути да је у марту месецу 2024. године одржана презентација резултата истраживања на развоју система који су се, између осталог, користили и у изради ове докторске дисертације. У оквиру презентације, присутни представници Националног центра за криминалистичку форензику (НЦКФ) МУП РС су упознати са досадашњим резултатима постигнутим на наведеном истраживању, као и планираним активностима у његовим наредним фазама. Представници из НЦКФ МУП РС су изразили задовољство представљеним идејама и жељу да већ у наредној фази испробају произведене системе, а у оквиру свог практичног рада у строго контролисаним условима (лабораторијски рад са полазницима курсева). Несумњиво је да НЦКФ МУП РС представља најважнијег клијента на домаћем тржишту, што може бити кључан корак ка крајњој комерцијализацији производа, имајући у виду тренутну фазу развоја.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је у оквиру рада на дисертацији реализовао обимно истраживање литературе из области синтезе, карактеризације и примене различитих природних и синтетских система за визуализацију латентних трагова папиларних линија, као и истраживање различитих приступа за узорковање, екстракцију, амплификацију и идентификацију особа путем биолошког материјала који се налази у контактном трагу (отisku прста). Извршио је свеобухватан преглед и анализу и критички сагледао тренутна достигнућа,

детектовао најзначајније проблеме и на основу тога предложио адекватно решење које се огледа у синтези нових прахова на бази биополимера хитозана и декстрана и њиховој примени за развијање латентних отисака прстију.

Такође, кандидат је спровео опсежну карактеризацију припремљених (био)прахова у циљу потврде хипотеза повезаних са механизмом интеракција међу коришћеним компонентама, као и са везивањем прахова за остатке из латентног трага.

У циљу утврђивања квалитета визуализације, кандидат је извршио директно визуелно (мануелно) и софтверско поређење отисака прстију развијених најбољом припремљеном формулацијом (У7) са отисцима развијеним сребрним магнетним прахом, чиме су демонстрирана боља својства синтетисане формулације у односу на комерцијални прах. Додатно, својства и перформансе наведене формулације су додатно поткрепљене чињеницом да њена примена у визуализацији латентних трагова није имала деструктиван утицај на изолацију ДНК молекула из развијених отисака прстију, односно негативан утицај на генотипизацију два испитивана локуса, те импликацију идентитета донора трага.

Током рада на дисертацији, како у теоријском, тако и у експерименталном делу, кандидат је показао завидну самосталност и критичко размишљање. Објављивањем резултата истраживања ове дисертације у научним часописима са SCI листе, кандидат је потврдио способност за представљање својих научних доприноса у научној и стручној јавности.

На основу свега наведеног, Комисија констатује да је кандидат показао адекватан степен способности за самостални научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси ове докторске дисертације могу се сумирати на следећи начин:

- систематски и темељан преглед литературе који приказује радове значајне за проблематику истраживања;
- припремљене формулације на бази хитозана и декстрана су показале добра својства и интеракцију са остацима зноја и себума приликом визуализације латентних трагова на стакленој површини. Како је претпостављено, протоноване аминок групе припремљених конјугата хитозана се везују за остатке зноја и себума из отисака електростатичким и липофилним интеракцијама;
- припремљени прахови су нови, јединствени и тренутно се не користе у комерцијалне сврхе. Синтетисани су од природних полимера уз додатак природних и/или синтетских компонената. Прашкасте формулације, као и комерцијални прахови, врло су једноставне за руковање и примену, не захтевају претходно знање и могу потенцијално пронаћи примену у свакодневном полицијском раду, чему посебно доприноси и недеструктивност припремљених система;

- у поређењу са бројним хемијским, али и физичким системима, припремљене прашкасте формулације немају токсична својства (формулације на бази хитозана) или је њихова токсичност сведена на минималну меру (формулације на бази декстрана). Тиме је омогућено безбедно радно окружење (са здравственог аспекта) за оперативне форензичаре и друге особе које дођу у контакт са прахом, а такође нема штетног утицаја на животну средину;
- резултати визуелног поређења најбоље припремљене формулације (У7) са комерцијалним прахом су показали да се подједнако добри резултати визуализације добијају након примене оба праха, са потпуним и детаљним развијањем слике отиска, са свим битним карактеристикама од првог до трећег нивоа детаља. Посебно обећавајући су одлични резултати визуализације латентних трагова старих три и шест месеци, претходно складиштених у сувим и влажним условима средине;
- након визуелног поређења, латентни отисци прстију визуализовани формулацијом која је показала најбоља својства, као и сребрним магнетним прахом, отпремљени су у аутоматски биометријски систем, у циљу утврђивања идентитета донора латентног трага папиларних линија на основу поређења са отисцима прстију депонованим у интерну базу података. На овај начин, развијени отисци су имали улогу спорних трагова са места догађаја, а отисци из базе улогу отисака ранијих учинилаца кривичних дела, што је симулирало приступ који полиција свакодневно користи у форензичким истрагама. Приликом аутоматског поређења отисака прстију добијених применом најбоље формулације са комерцијалним прахом, припремљена формулација је показала боље резултате како верификације, тако и идентификације донора латентног трага у поређењу са сребрним магнетним прахом;
- коначно, показано је да је могуће екстраховати ДНК из биолошког материјала депонованог у латентном трагу развијеном не само комерцијалним прахом, већ и формулацијом У7, при чему је из латентних трагова визуализованих формулацијом У7 успешно генотипизиран донор трага на два микросателитска локуса (*D10S1248* и *D22S1045*) и резултујући (претпостављени) „ДНК профил” се подударио са референтним генотипом једног донора, што је указало на његов идентитет.

Може се закључити да је на основу свих резултата истраживања, најбоља припремљена формулација (У7) показала одличну визуализацију латентних трагова папиларних линија приликом поређења са комерцијалним прахом. Посебно је наглашена чињеница да су визуализовани контактни трагови изузетно подобни за идентификацију донора трага у аутоматском биометријском систему, као и да успешно указују на идентитет особе која је депоновала траг путем анализе биолошког материјала у таквом трагу. Узимајући у обзир и чињеницу да прах не садржи токсичне компоненте, може се закључити да поседује изузетно велики потенцијал за примену у свакодневној форензичкој пракси као прах за развијање латентних отисака прстију, чиме је недвосмислено потврђен научни допринос ове дисертације.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Кандидат је у дисертацији успешно идентификовао постојеће проблеме у форензичкој анализи трагова папиларних линија и предложио нови прашкасти систем на био-бази који би првенствено решио проблем токсичности постојећих метода. Резултати су показали да припремљени (био)полимерни прашови показују добре резултате визуализације латентних трагова, а на одређеним површинама и при одређеним условима чак и боље резултате од комерцијалних прашкастих формулација. Такође је показано да примена (био)полимерних прашова за детекцију латентних отисака прстију не омета покушаје идентификације особа преко отиска прста и помоћу молекула ДНК, чиме је потврђена исправност хипотеза формулисаних на почетку овог истраживања. Другим речима, на основу спроведеног истраживања литературе, актуелних достигнућа у наведеној области и постојећих идеја, кандидат је успео да предложи сопствено решење (систем) које може да унапреди форензичку анализу отисака прстију.

На основу свега наведеног, Комисија потврђује да је у дисертацији представљен јединствен и иновативан прашкасти систем за визуализацију латентних трагова папиларних линија. Најбољи припремљени систем је приликом визуелне (мануелне) анализе и поређења показао подједнако добре резултате, а током поређења у аутоматском биометријском систему чак и боље резултате визуализације латентних отисака прстију и успешну идентификацију донора трага. Такође, предложени систем није онемогућио генотипизацију ДНК молекула изолованог из тако развијеног отиска прста, односно идентификацију донора биолошког материјала из трага, у већој мери него када је примењен комерцијални прах или када отисци нису третиран. Сви резултати истраживања су илустративни, прецизни и јасни, а дискусија резултата је адекватна и потврђује валидност и квалитет предложеног система. Закључци који су изведени на основу тумачених резултата потврђују велики потенцијал и значај предложеног система у визуализацији латентних отисака прстију у свакодневной форензичкој пракси. Веома је значајно што су представници НЦКФ МУП РС изразили задовољство поводом предложених прашкастих система и жељу да их испробају у наредним фазама развоја, а у оквиру свог практичног рада у строго контролисаним условима (лабораторијски рад са полазницима курсева). Сигурно је да НЦКФ МУП РС представља најважнијег клијента на домаћем тржишту, што може бити кључан корак ка комерцијализацији производа, имајући у виду тренутну фазу развоја. Квалитет постигнутих резултата истраживања је такође верификован публикавањем научних радова, међу којима се издвајају два рада у часописима на SCI листи.

4.3. Верификација научних доприноса

Радове наведене у овој секцији кандидат је објавио за време докторских студија и истраживања у оквиру рада на дисертацији и они су у непосредној вези са докторском дисертацијом. Такође, пројекти на којима је кандидат учествовао су у уској корелацији са тематиком дисертације.

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. **Nemanja Vučković**, Nikola Glođović, Željko Radovanović, Đorđe Janačković, Nikola Milašinović, "A Novel Chitosan/Tripolyphosphate/L-lysine Conjugates for Latent Fingerprints Detection and Enhancement", *Journal of Forensic Sciences*, **2021**, 66(1), 149–160. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14569>. (IF = 1.832)

Рад у националном часопису међународног значаја (M24)

1. **Nemanja Vučković**, Nikola Milašinović, "(Bio)polymer-Based Powders as Hidden Treasures in Dactyloscopy", *Arab Journal of Forensic Sciences & Forensic Medicine*, **2024**, 6(1), 69–80. <https://doi.org/10.26735/KLXO7367>.

Рад у истакнутом националном часопису (M52)

1. **Nemanja Vučković**, Biljana Koturević, Nikola Milašinović, "Chitosan and Dextran Based Powders – The Preparation, Performance Comparison and Potential Application in Forensic Examination of Latent Fingermarks", *Turkish Journal of Forensic Sciences and Crime Studies*, **2022**, 4(1), 3–18. (ISSN: 2687-3397).
2. **Nemanja Vučković**, Stefan Dimitrijević, Nikola Milašinović, "Visualization of Latent Fingerprints Using Dextran-based Micropowders Obtained from Anthocyanin Solution", *Turkish Journal of Forensic Sciences and Crime Studies*, **2020**, 2(2), 3–53. (ISSN: 2687-3397).

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. **Nemanja Vučković**, Nevena Prlainović, Nikola Milašinović, "The influence of time on oxidation process of fluorescein-chitosan powder conjugates used to develop latent fingerprints on different substrates", *In Thematic Conference Proceedings of International Significance, XIII International Scientific Conference "Archibald Reiss Days"*, Belgrade 8–9 November 2023, University of Criminal Investigation and Police Studies, **2023**: 444–465. (ISBN: 978-86-7020-512-3; 978-86-7020-190-3).
2. **Nemanja Vučković**, Biljana Koturević, Nikola Milašinović, "Characterization and Potential Application of Dextran-based Biopolymer Powder Obtained from *Hydrangea Macrophylla* Liquid Anthocyanins Extract by Ultrasonic Extraction", *In Thematic Conference Proceedings of International Significance, XI International Scientific Conference "Archibald Reiss Days"*, Belgrade, 9–10 November 2021, University of Criminal Investigation and Police Studies, **2021**: 589–598. (ISBN: 978-86-7020-470-6).
3. **Nemanja Vučković**, Stefan Dimitrijević, Nikola Milašinović. "Detection and Enhancement of Latent Fingerprints Using Dextran-based Biopolymer Powders Obtained from Liquid Anthocyanin Extract", *In Thematic Conference Proceedings of International Significance, X International Scientific Conference "Archibald Reiss Days"*, Belgrade, 18–19 November 2020, University of Criminal Investigation and Police Studies, **2020**: 691–701. (ISBN: 978-86-7020-453-9).
4. **Nemanja Vučković**, Nikola Glođović, Nikola Milašinović, "Chitosan-based Micropowders for The Development of Latent Fingermarks – The Effect of Biopolymer Concentration on Powder Properties", *First International Congress of Forensic Sciences "Multidisciplinary Cooperation in Forensic Sciences: Current Approaches"*, Ankara, December 2019, Polis Akademisi Ankara, **2019**: 25–38. (ISBN: 978-605-7822-28-4).

За одређивање категорије часописа (и научног скупа) коришћен је JCR Science Edition, за период од две године пре публикавања, година публикавања и година након публикавања, и то за ону годину у којој је часопис најбоље рангиран, у складу са

Прилогом 2 и Прилогом 3 Правилника о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача („Службени гласник Републике Србије”, број 24/2016 и 21/2017).

Учешће на пројектима

Кандидат је био члан тима на пројектима у оквиру програма:

1. „Доказ концепта”, Фонда за иновациону делатност Републике Србије, под називом „Синтеза, карактеризација и примена биополимерних прахова на бази хитозана за развијање латентних трагова отисака и њихов потенцијал као извора ДНК” (број пројекта 5842), који се спроводио на Криминалистичко-полицијском универзитету у периоду од 2020. до 2022. године.
2. „Трансфер технологије”, Фонда за иновациону делатност Републике Србије, под називом „Оптимизација биополимерних прахова на бази хитозана за детекцију латентних отисака прстију и изоловање ДНК одговарајућег квалитета” (број пројекта 1166), који се спроводио на Криминалистичко-полицијском универзитету у периоду од 2023. до 2024. године.

Тема наведених пројеката недвосмислено одговара научном подручју у коме је израђена дисертација, а истраживање у оквиру пројеката омогућило је кандидату да развије и унапреди (био)полимерне системе за визуализацију латентних отисака прстију.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Комисија за оцену докторске дисертације под називом „*(Био)полимерни прахови за детекцију и визуализацију латентних трагова папиларних линија*” кандидата Немање М. Вучковића, сматра да је наведена докторска дисертација адекватно методолошки постављена, правилно спроведена и заснована на актуелним сазнањима. Дисертација је урађена у складу са образложењем наведеним у пријави теме и садржи све елементе наведене у Правилнику о докторским студијама Криминалистичко-полицијског универзитета у Београду.

Комисија такође сматра да докторска дисертација кандидата Немање М. Вучковића представља оригинални научни допринос у научној области *Технолошко инжењерство*, а ужој научној области *Форензичко инжењерство*.

Током рада на дисертацији, кандидат Немања М. Вучковић је показао завидну самосталност и критичко размишљање. Резултате проистекле из истраживања спроведеног у оквиру докторске дисертације, кандидат је објавио у међународним часописима на SCI листи и презентовао на скуповима међународног значаја. Стога, предметна дисертација представља оригинално и самостално научно дело, чиме су се стекли услови за њену јавну одбрану.

На основу свега наведеног, имајући у виду научне резултате истраживања, практичну примену истраживања, методолошки оквир, као и научни и друштвени допринос,

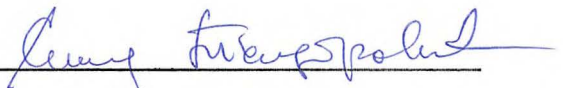
Комисија даје позитивну оцену предметне докторске дисертације и Већу Департмана форензичког инжењерства Криминалистичко-полицијског универзитета у Београду

ПРЕДЛАЖЕ

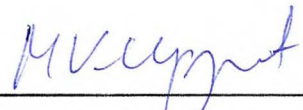
да се докторска дисертација „(Био)полимерни прахови за детекцију и визуализацију латентних трагова папиларних линија” кандидата Немање М. Вучковића прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области природно-математичких и техничко-технолошких студија Криминалистичко-полицијског универзитета у Београду.

У Београду, 23. јануара 2025.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Смиља Теодоровић, председник,
редовни професор на Департману
форензичког инжењерства
Криминалистичко-полицијског
универзитета у Београду



др Мелина Калагасидис Крушић, члан,
редовни професор на Катедри за
органску хемијску технологију
Технолошко-металуршког факултета
Универзитета у Београду



др Недељко Милосављевић, члан, виши
научни сарадник Универзитета у
Београду