

Република Србија  
КРИМИНАЛИСТИЧКО-ПОЛИЦИЈСКИ  
УНИВЕРЗИТЕТ

Број: 43/1-У

Датум: 4.7.2022

ВЕЋУ ДЕПАРТМАНА ИНФОРМАТИКЕ И РАЧУНАРСТВА  
КРИМИНАЛИСТИЧКО-ПОЛИЦИЈСКОГ УНИВЕРЗИТЕТА

**Предмет:** Извештај о урађеној докторској дисертацији докторанда мр. Игора Вуковића

Поштовани чланови Већа департмана информатике и рачунарства,  
одлуком Већа научних области природно-математичких и техничко-технолошких  
студија Криминалистичко - полицијског универзитета 28 Бр. 85/4-2-2022 од 28.6.2022.  
године, именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације докторанда  
мр. Игора Вуковића под насловом

**Разрешавање идентитета и груписање дигиталних доказа о осумњиченима  
применом технологија препознавања лица и система софтверских интелигентних  
агената заснованог на неаксиоматском резонувању**

**(Identity resolving and grouping of digital evidence of suspects using face recognition  
technologies and software intelligent agents system based on non-axiomatic reasoning)**

После прегледа достављене дисертације, Комисија подноси следећи

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. УВОД

#### 1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Мр. Игор Вуковић је докторске академске студије Информатике уписао на  
Департману информатике и рачунарства КПУ школске 2018/19 године.

Након што је положио све испите предвиђене студијским програмом са просечном  
оценом 10,00 поднео је пријаву теме докторске дисертације број 124/7 дана 16.9.2021.  
године, за одобравање теме докторске дисертације из научне области Рачунарске науке,  
Електротехничко и рачунарско инжењерство.

Веће научних области природно-математичких и техничко-технолошких студија (Одлуком 28 бр. 85/5-2-2021 од 17.11.2021. године) прихватило је тему докторске дисертације под наведеним називом и студенту именовало ментора проф. др Бранкицу Поповић.

У складу са чланом 25. Правилника о докторским студијама студент мр Игор Вуковић дана 15.6.2022. године, завршену докторску дисертацију поднео је за оцену надлежном Већу департмана, уз прилагање потребних доказа.

Сходно члану 25. став 2. ментор је дана 22.6.2022. године дала писану сагласност (број 43/1-2), којом је констатовала да је докторска дисертација студента мр Игора Вуковића пододна за оцену и да студент има најмање један рад који је повезан са садржајем докторске дисертације у коме је он први аутор, објављен у часопису са импакт-фактором са SCI листе.

У складу са чланом 27. Правилника о докторским студијама извршена је провера оригиналности докторске дисертације одговарајућим софтвером. Сходно члану 27. став 4. ментор је дана 22.6.2022. године писано мишљење (број 43/1-3) о оцени процене оригиналности и резултате софтверске анализе доставила руководиоцу Департмана информатике и рачунарства, којим је констатовала да је **докторска дисертација оригиналан резултат научног истраживања које је докторанд спровео и да су у истој у потпуности испоштована академска правила цитирања и навођења извора.**

По добијању позитивног извештаја, Веће департмана информатике и рачунарства је на седници одржаној 27.6.2022. године донело Предлог одлуке (24 бр. 81/7-10-2022) о образовању Комисије за оцену докторске дисертације у саставу:

- др. Кристијан Кук, председник, ванредни професор Криминалистичко-полицијског универзитета,
- др. Петар Чисар, члан, редовни професор Криминалистичко-полицијског универзитета,
- др Милош Банђур, члан, ванредни професор на Факултету техничких наука Универзитета Приштина, са седиштем у Косовској Митровици

Веће научних области природно-математичких и техничко-технолошких студија Криминалистичко - полицијског универзитета је Одлуком 28 Бр. 85/4-2-2022 од 28.6.2022. године, образовало Комисију за оцену докторске дисертације докторанда мр. Игора Вуковића у наведеном саставу.

## **1.2. Научна област дисертације**

Докторске студије Информатике на КПУ су акредитоване у оквиру образовно-научног поља Природно-математичких наука, научна област **Рачунарске науке**, па констатујемо

да је докторска дисертација пријављена у научној области за коју је Криминалистичко-полицијски универзитет матичан:

Научна област: Рачунарске науке, Електротехничко и рачунарско инжењерство  
Ужа научна област: Информационе технологије, Софтверско инжењерство

Предложени ментор, проф. др Бранкица Поповић, је редовни професор на Департману информатике и рачунарства КПУ. Задовољава услове неопходне за ментора и налази се на Листи ментора Департмана информатике и рачунарства КПУ. Има избор у ужој научној области Информационе технологије, а њен научи опус је мултидисциплинаран.

Увидом у базу Конзорцијума библиотека Србије за обједињену набавку (KoBSON) види се да има 19 репрезентативних референци од којих је 13 радова објављених у часописима са СЦИ листе, доминантно из области информационих технологија и софтверског инжењерства. Увидом у базу SCOPUS види се листа од 21. рада који су укупно цитирани 62 пута (хетероцитати), уз остварени h-index 4.

### **1.3. Биографски подаци о кандидату**

Докторанд мр Игор Вуковић је рођен 07.07.1978. године у Зрењанину. Војну академију Универзитета у Београду завршио је 2001. године са просечном оценом 8,13 чиме је стекао звање Дипломирани официр везе.

Магистарске студије је завршио 2010. године на Техничком факултету 'Михајло Пупин' у Зрењанину, Универзитета у Новом Саду, са оствареном просечном оценом у току студија 9,66. Одбраном магистарске тезе под насловом '**Развој информационог система за прикупљање и криминалистичку обраду дигиталних доказа**', на студијском програму '**Информатика**', стекао је звање **Магистра техничких наука**. Докторске студије информатике је уписао на Департману информатике и рачунарства КПУ школске 2018/19 године.

Запослен је у Министарству унутрашњих послова Републике Србије, на радном месту начелника одељења.

Докторанд мр Игор Вуковић је на КПУ био изабран за сарадника ван радног односа (2019.-2021. године) где је у том својству школске 2019/2020 и 2020/2021 изводио вежбе на предмету Безбедност података и информација (на 3. години Основних академских студија информатике и рачунарства). У својству истакнутог стручњака из праксе, континуирано од 2015. године изводи гостујуће предавање на предмету Дигитална форензика који се слуша на Мастер академским студијама Информатике и рачунарства КПУ.

Учествовао је у реализацији међународног научноистраживачког пројекта под називом '*Scalable Privacy preserving Intelligence analysis for Resolving Identities - SPIRIT*'

који је у периоду 2018.-2021. године реализован у оквиру програма Европске уније за истраживање и иновације - Хоризонт 2020 (*Horizon 2020*).

Докторанд мр Игор Вуковић је до сада објавио 7 радова (6 као првопотписани аутор) следећих категорија: M14 (1), M22 (1), M23 (1), M33(3), M53 (1). Додатно је коаутор практикума под називом 'Безбедност података и информација' за истоимени предмет који се слуша на Основним академским студијама информатике и рачунарства на Криминалистичко-полицијском универзитету.

Имао је више студијских боравака у иностранству ради усавршавања где се посебно издвајају завршени курсеви из области дигиталне форензике:

- општи (Берлин, Немачка 2007., Сеул, Јужна Кореја 2010., Мајнц, Немачка 2010.)
- дигитална форензика Линукс оперативног система (Мајнц, Немачка 2011.)
- употреба форензичког софтвера X-Ways (Мајнц, Немачка 2011.)
- дигитална форензика мобилних телефона – основни ниво (Мајнц, Немачка 2011.)
- дигитална форензика Windows оперативног система (Мајнц, Немачка 2012.)
- дигитална форензика мобилних телефона – напредни ниво (Мајнц, Немачка 2013.)
- рачунарски криминал (Валбандон, Хрватска 2013.)
- посебни криминалистички послови и криминалистичко обавештајни послови (Валбандон, Хрватска 2013.)
- употреба форензичког софтвера AccessData Forensic Toolkit (Опатија, Хрватска 2014.)
- дигитална форензика интернет артефаката (Загреб, Хрватска 2014.)
- извршавање кривичних дела на интернету (Хангџоу, 2017.)
- анализа саобраћаја у бежичним рачунарским мрежама (Штокхолм 2017., Скотсдејл 2018.)

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### **2.1. Садржај дисертације**

Докторска дисертација писана на енглеском језику има 140 страница и састоји се од следећих целина:

**Списак акронима, табела, слика и листинга**

- 1. Увод**
- 2. Преглед сродних истраживања**
- 3. Материјали и методе**
- 4. Прикупљање дигиталних доказа за презентацију и разрешавање идентитета помоћу алата отвореног кода**
- 5. Утицај техника побољшања слике на ефикасност детекције и подударања слика лица добијених у неконтролисаним условима**

6. Груписање по истинитосној вредности слика лица добијених у неконтролисаним условима

7. Мулти-агентни систем за напредне полицијске активности (mASAP)

8. Закључак

Списак литературе

Дисертација садржи укупно 65 тематски адекватних слика, 8 табела и 5 листинга кода, а Списак литературе садржи 135 репрезентативних библиографских јединица које су доминантно новијег датума (после 2015. године).

## **2.2. Кратак приказ појединачних поглавља**

У првом поглављу се елаборира позадина и мотивација истраживања, указујући на потребу полицијских служби (пре свих криминалистичке полиције) за поузданим разрешењем идентитета осумњичених, а у вези прикупљања доказног материјала односно идентификације и груписања свих, са њима повезаних, релевантних података. Експлицитно су наведени предмет и циљ истраживања. Истакнуто је да је коришћењем биометријске карактеристике лица у сврху препознавања особе могуће повезати велику количину разнородних података о особи које се могу пронаћи у дистрибуираним базама података информационих система службе (нпр. фотографије на којима се налазе, видео записи, документа у којима су слике лица одређене особе пронађене, интернет странице и сл.). Такође је наглашено да би аутоматизација овог процеса, у условима када истражитељи манипулишу огромном количином података (између осталог добијених у процесу дигиталне форензике, видео надзора али и прикупљањем из отворених извора - OSINT), значајно утицала на повећање њихове ефикасности. Посебно је указано да ће се, у условима коришћења дистрибуираних база података, као и ограничења у смислу расположивих рачунарских (хардверских и софтверских) ресурса, испитати могућност примене технологије агената и неаксиоматског резоновања. Такође су у овом поглављу наведене радна и помоћне хипотезе истраживања, нацрт саме дисертације као и њен научни допринос.

У другом поглављу је дат преглед стања у области која се односи на предмет истраживања. Ту је апострофирано груписање слика лица добијених у реалном амбијенту (неконтролисани услови - енгл. *Unconstrained face recognition*) (мала резолуција, лош квалитет, различите позе, могућа оклузија...), затим утицај препроцесирања слика лица на њихову детекцију и класификацију/подударење, као и примену графова у поступку разрешавања идентитета.

Треће поглавље описује примењене методе и материјале везане за спроведено истраживање. У овом поглављу је дат преглед база података лица (и њихових карактеристика) које су коришћене у спроведеним експериментима, а у вези са

класификацијом и груписањем (кластеризацијом) слика лица добијеним у неконтролисаним условима. Посебно је описан HOG (енгл. *Histogram of Oriented Gradients*) метод детекције лица, као метод који се користи за екстракцију обележја али и као специфична метода класификације. У овом поглављу је предложен нови приступ за кластеровање слика лица (добијених у неконтролисаном окружењу) у дистрибуираном систему, који се заснива на адаптацији NAL-а (енгл. *Non-Axiomatic Logic*). Последњи део поглавља објашњава приступе евалуацији класификације и груписања.

Четврто поглавље описује могућности коришћења софтвера отвореног кода за прикупљање и припрему података за презентацију груписаних доказа и разрешавање идентитета. Од свих извора дигиталних доказа које прикупља криминалистичка полиција, дигитални форензички извештаји се издвајају по количини и разноврсности типова датотека и података. Ово поглавље садржи преглед и тестирање команди које могу да изврше конверзије различитих формата датотека (првенствено оних који се најчешће проналазе у дигиталним форензичким извештајима) у неколико које интернет претраживачи могу да прикажу, као и њихов унос и складиштење. Такође, тестирана је могућност управљања алатима отвореног кода из програмског језика Python коришћењем подпроцеса.

Пето поглавље садржи истраживање о утицају препроцесирања слика лица коришћењем аутоматизације метода (визуелног) побољшања (нормализација, изоштравање и др.) на детекцију и идентификацију лица коришћењем HOG дескриптора и косинусне удаљености. Прво су описане методе визуелног побољшања слика лица, а затим су објашњене експерименталне поставке (*setup*). На крају је дата дискусија добијених резултата.

Шесто поглавље представља проблем груписања слика лица добијених у неконтролисаним условима. Указано је на проблеме са груписањем лица у паровима заснованом на графовима. Након тога, описан је експериментални оквир за тестирање предложене методе груписања прилагођавањем концепта 'истинитосне вредности (енгл. *the truth-value concept*)' неаксиоматског закључивања. Термин 'неаксиоматски' подразумева да не постоји 'аксиом' међу знањем из домена, већ се истинитост исказа увек може ревидирати новим доказима. Тако се сва знања из домена могу научити, а не уградити у систем. Примена неаксиоматског закључивања је анализирана у смислу повећања ефикасности како у процесу препознавања тако и у сврху ефикасног груписања података када није унапред познат број класификационих група, а на располагању су ограничени хардверски ресурси. Указано је да се успешном детекцијом, а затим идентификацијом особа или њиховим груписањем, као и датотека и других информација које се могу повезати са њима, омогућава презентација свих расположивих података криминалистичким инспекторима у циљу разрешавања идентитета, односно издвајања потенцијалног доказног материјала који се односи на конкретног осумњиченог и



елиминисање инцидентних проналазака. На крају, у поглављу су представљени резултати примене предложеног решења као и резултати поређења са другим, тренутно најпопуларнијим, методама груписања.

У седмом поглављу је описано предложено решење мулти-агентског система који би био подршка (напредним) полицијским активностима (енгл. *Multi-Agent System for Advance Policing - mASAP*). Представљени модел би се користио за подршку одлучивању при разрешавању идентитета, и заснован је на груписању прикупљених дигиталних доказа коришћењем метода груписања (слика) лица. Поглавље садржи преглед интелигентних агената као и приказ примењеног мулти-агентског окружења *mASAP*-а. Суштинска улога *mASAP*-а је представљена у форми практичне употребе подпроцеса и команди отвореног кода, затим комуникације агента у циљу проширења предложене методе груписања у дистрибуираном окружењу и коначно у примени агената за груписање, презентацију и сортирање података.

Кончано у последњем поглављу је дат закључак где су појединачно наведени остварени научни доприноси и где су наведени публиковани радови који су резултат спроведеног истраживања.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1. Савременост и оригиналност**

Рад криминалистичке полиције у савременом друштву одликује пролиферација података и информација које треба обрађивати, већи захтеви за ограничењима у раду са личним подацима, појачани надзор пре свега јавности, већа очекивања у ефикасности откривања извршилаца кривичних дела, али и даље присутан проблем у вези недостатка ресурса, како људских тако и материјалних. Један од сложенијих задатака јесте разрешавање идентитета, чијом променом се настоје прикрити криминалне активности, односно сам извршилац који је у бекству. Да би се разрешио идентитет, потребно је груписати и презентовати све расположиве доказе везане за одређене особе.

У дисертацији је предложен нови приступ груписању података поређењем парова вектора одлика лица екстрахованих из слика насталих у неконтролисаним условима, а заснован на резонувању применом неаксиоматске логике и графова. Групе (кластери) слика лица представљају централне тачке око којих се групишу подаци из различитих полицијских извештаја и база података. Такође је предложен модел система у коме ће значајну улогу имати софтверски агенти, пре свега у повезивању тачака дистрибуираног окружења које у пракси формирају полицијски информациони системи.

Нови приступ груписању (кластеровану) је експериментално испитан на шест различитих база података лица карактеристичних по томе што су креиране на начин којим

се симулирају неконтролисани услови. Добијени резултати предложеног решења су упоређени са тренутно најпопуларнијим и најбољим доступним методама. Резултати тестирања су показали да предложено решење даје боље резултате у поређењу са другим приступима.

Оно што даје посебну предност у односу на остале методе јесте могућност коришћења механизма из неаксиоматске логике попут ревизије и дедукције, помоћу којих се могу стицати нова знања на основу информација из различитих нодова (чворова) система или у локалној бази знања.

По нашем најбољем сазнању у дисертацији је приказан јединствен и иновативан приступ анализираној проблематици у условима дистрибуираног окружења (извора података). Додатну вредност овом истраживању даје и чињеница да готово и да нема публикованих резултата истраживања у овој области који су везани за могућност примене наведених метода у раду полиције у амбијенту ограничених рачунарских (хардверских и софтверских) ресурса.

### **3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу**

Литература коришћена у дисертацији, осим оних референци које су кључне за развој појмова и теоријских поставки из тематске области дисертације, претежно садржи најновије научне радове релевантне за анализирану проблематику (објављене након 2015. године). Поред научних радова, литература садржи и референтне књиге. Велики број радова новијег датума указује на актуелност обрађене тематике, док су у дисертацији јасно истакнуте предности и иновативност предложених метода груписања у односу на моделе у постојећој литератури. На основу свеобухватности референци наведених на крају дисертације, може се закључити да је кандидат детаљно и темељно истражио научну област којој дисертација припада, као и да прати савремена дешавања у датој области.

### **3.3. Опис и адекватност примењених научних метода**

Истраживање је било засновано на примени основних и најважнијих савремених теоријских резултата, односно на прикупљању и проучавању доступне научне литературе, њеној анализи и систематизацији ради прецизног одређивања проблема и расположивих решења. На основу теоријског разматрања као и предлога унапређења/оптимизације постојећих решења изграђен је функционални модел система над којим су извршена експериментална испитивања и где су добијени резултати статистички анализирани.

Научне методе примењене у истраживањима у оквиру ове докторске дисертације обухватају: историјски метод; метод компаративне анализе; метод анализе и синтезе; метод индукције и дедукције; метод генерализације и специјализације; метод моделовања; статистички метод; методе класификације; метод посматрања и мерења; експериментални



метод. Посебно су коришћене: методе дигиталне обраде слика; методе примењиве у области рачунарског вида и методе примене алгоритама вештачке интелигенције. То је конкретизовано кроз:

- Анализу доступне, актуелне и релеватне литературе из области претпроцесирања слике лица, груписања (кластеризације) лица, неаксиоматске логике, софтверских агената и граф база, ради утврђивања тренутног стања у области од интереса, идентификовање критичних проблема у области и могућности за унапређење поступака груписања лица.
- Анализа постојећих решења предложених у литератури и селекција најбољих решења која су онда коришћена за компаративну анализу са решењима предложеним у дисертацији.
- Предлог новог метода заснованог на коришћењу механизма из неаксиоматског резоновања попут ревизије и дедукције, помоћу којих се могу стицати нова знања на основу информација из различитих нодова система или у локалној бази знања. Систем резоновања примењен у овој тези заснива се на концептима доказа и истинитосне вредности преузетим из неаксиоматског резоновања који је додатно унапређен за примену на различитим формама података (у конкретном случају је у питању слика лица), а која је погоднија за примену у реалним условима од аксиоматске логике (погодна у идеализованим ситуацијама).
- Развој симулационог окружења за тестирање перформанси постојећих решења као и решења предложеног у дисертацији за:
  - поређења лица - коришћен је Python програмски језик, при чему су перформансе одређиване у виду броја детектованих лица у анализираним базама података пре и након примене предложених метода побољшања слика;
  - груписање лица - предложена је примена неаксиоматског закључивања у условима дистрибуираног окружења;
- Компаративну анализу предложених и постојећих решења - на основу мерења добијених у реализованом симулационом окружењу и анализе добијених резултата, извршена је компаративна анализа којом је утврђен квалитет предложених решења;
- Хардверско - софтверску имплементацију мулти-агентског система у напредним полицијским пословима у Python програмском језику за обраду велике количине података - агентски системи за прикупљање и припрему података, као и за генерисање истинитосних вредности. Посебан акценат је стављен на анализу комуникације између агената два различита *mASAP*-а.

На основу наведених примењених научних метода, утврђено је да су употребљене методе адекватне за истраживања спроведена у оквиру ове дисертације.

### **3.4. Применљивост остварених резултата**

У оквиру компаративне анализе резултата истраживања са резултатима других метода груписања (кластеризације) слика лица, извршена је практична провера резултата у реалном хардверско - софтверском окружењу, користећи шест различитих база података лица. Ово је уједно и потврда успешне примењивости остварених резултата у полицијској пракси. Резултати истраживања ће очекивано омогућити и постизање општег циља, а то је њихова примена у ширем опсегу делатности где је потребно груписање података везаних за одређене особе, а на располагању су фотографије које садрже њихова лица, попут алата намењених дигиталној форензици, аналитичких алата везаних за видео надзор и др.

Један од важнијих циљева овог истраживања је софтверска реализација и имплементација предложених метода, односно њихова практична примена унутар информационог система Министарства унутрашњих послова Републике Србије, чиме ће резултати овог истраживања имати потпуну практичну имплементацију

### **3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад**

Кандидат је у оквиру рада на дисертацији реализовао обимно истраживање литературе из области претпроцесирања слике лица, њиховог груписања, примене графова и неаксиоматске логике. Извршио је свеобухватан преглед и анализу постојећег стања у области истраживања, детектовао критичне проблеме и урадио преглед и анализу постојећих решења.

Такође, кандидат је урадио компаративну анализу предложених и постојећих решења, уз квалитативан приказ и анализу резултата, као и адекватан избор сценарија који су коришћени у компаративној анализи.

Током рада на тези, кандидат је исказао завидну самосталност као и критичко размишљање. Објављивањем резултата истраживања у оквиру докторске дисертације кроз научне радове, међу којима су и радови у часописима са SCI листе, кандидат је потврдио способност за представљање својих научних доприноса у научној јавности.

На основу наведеног, може се констатовати да је кандидат достигао адекватан степен способности за самостални научни рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### **4.1. Приказ остварених научних доприноса**

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

- У циљу побољшања прецизности предложен је нови приступ груписања (кластеровања) у паровима модификацијом NAL приступа и његовим проширењем/адаптацијом на нови тип података (слика лица).
- Предложена је адаптација концепта истинитости којом је размена података између тачака дистрибуираног система уређена на начин да помаже процесу груписања и ствара ново знање користећи механизме неаксиоматског закључивања као што су ревизија и дедукција.
- Предложени метод појашњава процес груписања неопходан за транспарентност система који укључује вештачку интелигенцију.
- Потврда позитивног утицаја техника побољшања слике (претпроцесирања) на процес препознавања лица, посебно на детекцију и подударање помоћу HOG-а.
- Предложени метод примене Bourne-Again SHell (Bash) команди и апликација отвореног кода контролисаних из програмског језика Python обезбеђује побољшане могућности софтверског агента у прикупљању и припреми података за чување у бази података, претрагу и презентацију коришћењем веб технологија.
- Примена агената на начин предложен у тези омогућава коришћење свих информација дистрибуираног система који помажу у груписању лица, док је крајњим корисницима омогућено да виде само податке које су прикупили. На тај начин је додатно оснажен концепт заштите приватности података о личности.
- Систематски преглед литературе који истиче најзначајније радове који се односе на истраживану проблематику.

### **4.2. Критичка анализа резултата истраживања**

Кандидат је успешно идентификовао могућности за унапређење области препознавања лица и потврдио исправност полазних хипотеза формулисаних на почетку свог истраживања везаног за израду докторске дисертације. На основу извршених истраживања литературе, тренутног стања области и постојећих решења груписања слика лица, кандидат је успео да предложи сопствено решење које унапређује област препознавања лица.

По нашем најбољем сазнању у дисертацији је приказан јединствен и иновативан приступ анализираној проблематици у условима дистрибуираног окружења и непознатог броја група (класа). Предложено решење остварује веома добре перформансе уз прихватљиве хардверске и софтверске захтеве, при чему су остварене перформансе

упоредиве или боље у односу на перформансе постојећих решења. Реализована унапређења заокружују комплетност предложеног решења. При томе, компаративном анализом је утврђено да перформансе у погледу груписања лица превазилазе перформансе постојећих решења у свим тестираним сценаријима, што потврђује целокупан квалитет предложеног решења. Квалитет постигнутих резултата истраживања је верификован и публиковањем научних радова, међу којима се издвајају два рада у часописима са SCI листе.

#### **4.3. Верификација научних доприноса**

Радове наведене у овој секцији је кандидат објавио за време докторских студија и истраживања у оквиру рада на дисертацији и у непосредној су вези са докторском дисертацијом. У наставку је дат списак тих радова:

##### **Категорија M22:**

1. **Vuković, I., Kuk, K., Čisar, P., Bandur, M., Bandur, Đ., Milić, N., & Popović, B.(2021).** Multi-agent system observer: Intelligent support for engaged e-learning. *Electronics*, 10(12), 1370. DOI: 10.3390/electronics10121370 (**IF=2.69**) (ISSN 2079-9292)

##### **Категорија M23:**

1. **Vukovic, I., Cisar, P., Kuk, K., Bandjur, M., & Popovic, B. (2021).** Influence of image enhancement techniques on effectiveness of unconstrained face detection and identification. *Elektronika ir Elektrotehnika*, 27(5), 49–58. DOI: <https://doi.org/10.5755/j02.eie.29081> (**IF=1.059**) (ISSN 1392-1215)

##### **Категорија M33:**

1. **Vuković, I. (2019).** Centralized digital forensic analytical system: Rationalization using open- source software of general purposes. *In Thematic conference proceedings of international significance, International scientific conference 'Archibald Reiss Days'*, 6-7 November 2019, University of Criminal Investigation and Police Studies, Belgrade, **2019**, 9(2): 361-375.
2. **Vuković, I., Čisar, P., Kuk, K., & Popović, B. (2021).** Challenges of contemporary predictive policing. *In Thematic conference proceedings of international significance, International scientific conference 'Archibald Reiss Days'*, 9-10 November 2021, University of Criminal Investigation and Police Studies, Belgrade, **2021**, 11(2): 513-526.

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Комисија за оцену докторске дисертације под називом 'Разрешавање идентитета и груписање дигиталних доказа о осумњиченима применом технологија препознавања лица и система софтверских интелигентних агената заснованог на неаксиоматском резоновању' кандидата Игора Вуковића 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 који се захтевају Правилником о докторским студијама КПУ.

Комисија такође сматра да докторска теза мр Игора Вуковића представља оригинални научни допринос у оквиру научних области Рачунарских наука и Електротехничког и рачунарског инжењерства.

Докторанд мр Игор Вуковић је темељно анализирао научна достигнућа у области препознавања особа на основу слике лица, а затим предложио унапређења у тој области. Предложио је методе које се могу користити у условима ограничених рачунарских (хардверских и софтверских) ресурса. Експериментално је показао предности предложених решења у:

- области детекције и препознавања лица применом одговарајућих техника претпроцесирања слике лица;
- области груписања лица унапређењем концепта неаксиоматског закључивања на податке добијене из слике лица;
- области примене софтверских агената за прикупљање, обраду и презентацију података у дистрибуираном окружењу, заснованом на веб технологијама.

Сва решења су иплементирана алатима отвореног кода чиме је омогућена њихова практична примена на конкретним пословима криминалистичке полиције. У том смислу је предложено и оригинално решење мулти-агентског система намењеног за подршку (напредним) полицијским активностима (енгл. *Multi-Agent System for Advance Policing - mASAP*).

Током рада на тези, докторанд мр Игор Вуковић је исказао завидну самосталност као и критичко размишљање. Резултате проистекле из истраживања спроведеног у оквиру докторске дисертације, кандидат је објавио у врхунским међународним часописима и презентовао на конференцијама међународног значаја.

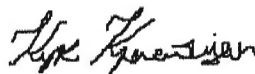
На основу свега изложеног, имајући у виду научне резултате истраживања, практичну примену истраживања, методолошки оквир, научни и друштвени допринос, Комисија даје позитивну оцену докторске дисертације и Већу департмана информатике и рачунарства, Криминалистичко-полицијског универзитета у Београду

## ПРЕДЛАЖЕ

да се докторска дисертација под називом 'Разрешавање идентитета и груписање дигиталних доказа о осумњиченима применом технологија препознавања лица и система софтверских интелигентних агената заснованог на неаксиоматском резоновању' кандидата Игора Вуковића прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области природно-математичких и техничко-технолошких студија Криминалистичко-полицијског универзитета.

У Београду, 04.7.2022. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



---

др Кристијан Кук, председник, ванредни професор,  
Криминалистичко-полицијски универзитет



---

др Петар Чисар, члан, редовни професор,  
Криминалистичко-полицијски универзитет



---

др Милош Банђур, члан, ванредни професор,  
Универзитет Приштина са седиштем у Косовској  
Митровици - Факултет техничких наука