

**ВЕЋУ ЗА ПОСЛЕДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ
ФАКУЛТЕТА ИНФОРМАЦИОНИХ ТЕХНОЛОГИЈА
АЛФА БК УНИВЕРЗИТЕТА**

На основу одлуке бр. 1983 Већа за последипломске студије Алфа БК Универзитета, са седиштем у Београду, на седници која је одржана 08.12.2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и јавну одбрану докторске дисертације кандидата Николе М. Глигоријевића под називом „Хибридни модел за вишекритеријумску евалуацију алгоритама за детекцију инфрацрвених сигнала у реалном времену”.

Комисија у саставу:

- 1) Проф. др Дејан Видука, редовни професор, Факултет информаних технологија Алфа БК Универзитета, председник;
- 2) Доц. др Јелена Стојановић, доцент, Факултет за математику и рачунарске науке, Алфа БК Универзитета, члан;
- 3) Проф. др Војкан Николић, ванредни професор, Департман за информатику и рачунарство, Криминалистичко-полицијски универзитет, ментор;

у складу са Правилником о докторским академским студијама Алфа БК Универзитета, на основу детаљног прегледа достављене докторске дисертације, подноси следећи:

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

1. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Биографија кандидата

Кандидат је рођен 16. јуна 1991. године у Параћину. Основно образовање стекао је у Јагодини, где је 2006. године завршио Основну школу „Милан Мијалковић”. Средње образовање наставио је у Електротехничкој и грађевинској школи „Никола Тесла“ у Јагодини, смер радио и видео техника, коју је успешно завршио 2010. године.

Високо образовање започео је на Електронском факултету Универзитета у Нишу, где је 2014. године стекао звање дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства. По завршетку основних студија наставио је школовање на Криминалистичко-полицијској академији, на којој је стекао звање мастер информатичар.

Професионалну каријеру започео је 2015. године у компанији “NF INNOVA”, на радном месту програмера, где и даље ради на имплементацији mBanking решења за водеће банке у земљи и иностранству.

Од 2019. године регистрован је као предузетник, те поред ангажмана у матичној компанији, пружа услуге из области информаних технологија другим пословним субјектима, међу којима се издваја Raiffeisen банка. Од 2023. године ангажован је као предавач на Факултету информаних технологија у Београду и Факултету за математику и рачунарство Алфа БК Универзитета, где учествује у реализацији наставе из области програмирања и информаних технологија.

Професионални ангажман проширује у оквиру Министарства унутрашњих послова, где је од 2025. године запослен као саветник. Поред наведеног, активно је укључен у развој мобилних апликација, са статусом сениор програмера.

Кандидат се активно служи енглеским језиком, поседује возачку дозволу Б категорије, и носилац је црног појаса у каратеу. Наступао је за карате репрезентацију Републике Србије, што указује на његову дисциплину и развијене радне навике.

У оквиру стручног и научног ангажовања, учествовао је на већем броју домаћих и међународних конференција. Аутор је више стручних и научних публикација и учесник различитих пројеката, радних група и тимова. Такође је један од реализатора обука за лиценце Л1, Л2 и Л3 у области монтаже, извођења и надзора система техничке заштите лица и објеката.

Кандидат је ожењен и отац двоје деце.

1.2. Списак објављених и прихваћених радова за објављивање кандидата

Библиографија кандидата обухвата следеће радове:

Рад у истакнутом међународном часопису (M22):

Gligorijević N., Djukić Popović S., Nikolić V., Viduka D., Popović S. (2025). A Hybrid SWARA-NWA Framework for Evaluating AI-Based Image Recognition Algorithms in Educational Technology Applications. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education (IJCRSEE)*

Рад у истакнутом међународном часопису (M23):

Nenad Stanojević, Đ. Šarčević, Stefan Panić, Petar Spalević, **Nikola Gligorijević**, Čedomir Vasić, (2025) PERFORMANCE EVALUATION OF HYBRID RF/FSO SYSTEMS USING NAKAGAMI-M AND GAMMA-RICIAN MODELS FOR ONE-HOP AND MULTI-HOP SCENARIOS, *Engineering review*, ISSN 1330-9587

Саопштења са међународног скупа штампана у целини (M33):

Čabrić, V., **Gligorijević, N.**, Strugarević, D. & Marjanović Očokoljić, S., (2024). Application of artificial intelligence within the „safe city“ concept. *Proceedings of International Scientific and Professional Conference “ALFATECH“ Smart Cities and modern technologies March 15th 2024, Belgrade, Serbia*, 102–109. doi:10.5281/zenodo.12614592

Gligorijević, N., Strugarević, D., Čabrić, V. & Račić, M. (2025) *Proceedings of International Scientific and Professional Conference “ALFATECH“ Smart Cities and modern technologies. Proceedings of International Scientific and Professional Conference “ALFATECH“ Smart Cities and modern technologies February 28th 2025, Belgrade, Serbia*, 143-147. doi:10.46793/ALFATECHproc25.143G

Strugarevic, D., **Gligorijevic, N.**, Simic, G., Jevremovic, A. Using Human-Computer Interaction Data for Continuous Authentication in High-stake Electronic Assessments. In *BOOK OF ABSTRACTS* (p. 43).

Brkljač, M., Gligorijević, M., **Gligorijević, N.** (2025). Methodological Approach to Educating Students in the Field of Marketing in the Age of Artificial Intelligence. In the *Book of Proceedings of IRASA International Scientific Conference, science, education, technology and innovation, SETI VII October 2025, Belgrade, Serbia*. In print.

1.3 Назив рада и име часописа у коме је кандидат као први аутор објавио рад у складу са стандардима

Кандидат је испунио услов који је предвиђен чланом 30. Правилника, којим треба да има као први аутор најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са СЦИ листе, који је садржајем повезан са докторском дисертацијом. Кандидат има један објављен научни рад и један научни рад прихваћен за објављивање као први аутор у часописима са СЦИ листе, који су садржајем повезани са докторском дисертацијом:

Рад у истакнутом међународном часопису (M22):

Gligorijević N., Djukić Popović S., Nikolić V., Viduka D., Popović S. (2025). A Hybrid SWARA-NWA Framework for Evaluating AI-Based Image Recognition Algorithms in Educational Technology Applications. International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education (IJCRSEE) Прихваћено за објављивање.

2. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

2.1 Наслов докторске дисертације

Наслов докторске дисертације на српском језику: Хибридни модел за вишекритеријумску евалуацију алгоритама за детекцију инфрацрвених сигнала у реалном времену.

Наслов докторске дисертације на енглеском језику: A Hybrid Model for Multi-Criteria Evaluation of Algorithms for Real-Time Infrared Signal Detection.

2.2 Научна област докторске дисертације

Истраживања спроведена у оквиру докторске дисертације припадају основном научно-образовном пољу *Техничко-технолошке науке*, у оквиру опште научне области *Информационо-комуникационе технологије*, са фокусом на ужу научну област *Информационе технологије и информациони системи*. Поред тога, дисертација је сврстана и у научну област *Електротехника и рачунарско инжењерство*.

2.3 Садржај докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата Николе М. Глигоријевића написана је на 90 страна (не укључујући изјаве). Истраживање укључује 9 слика, 6 табеле, 12 графика, као и 106 библиографска навода. Докторска дисертација обухвата седам поглавља, без Прилога: Увод, Теоријски оквири и преглед литературе, Методологија истраживања, Резултати истраживања, Дискусија, Закључак и Литература.

2.4 Кратак опис појединачних поглавља докторске дисертације

Докторска дисертација је организована у следеће логички повезане целине:

Прво поглавље представља увод у истраживање проблематике и постављање оквира рада. У овом делу утврђени су предмет истраживања, циљеви и задаци, формулисани су истраживачке хипотезе и образложен научни, друштвени и практични значај рада. Посебна пажња посвећена је питању избора алгоритама дубоког учења за детекцију инфрацрвених сигнала у реалном времену, као и потреби за систематичним и објективним вишекритеријумским приступом у поступку евалуације. Такође је приказан методолошки приступ и дата је структура дисертације.

Друго поглавље обухвата теоријске оквири и преглед релевантне научне и стручне литературе. Анализирани су основни појмови и принципи обраде инфрацрвених сигнала, као и својства и примена савремених алгоритама дубоког учења, укључујући бинарну сегментацију, U-Net, YOLO, FCN, ResNet, EfficientDet, DeepLab, Fast R-CNN и MobileNet. Поред тога, размотрени су основни концепти вишекритеријумског одлучивања у техничким системима, са посебним освртом на SWARA и NWA методе, као и резултати досадашњих истраживања која повезују алгоритме вештачке интелигенције са методама вишекритеријумске анализе.

Треће поглавље посвећено је методологији истраживања и детаљном опису развијеног хибридног SWARA-NWA модела. Представљени су поступци прикупљања података о алгоритмима из релевантне литературе, начин идентификације и формализације критеријума евалуације, као и структура и улога експертских процена. Детаљно је објашњена примена SWARA методе за одређивање тежина критеријума и NWA методе за интегралну анализу и финално рангирање алгоритама. Посебна су размотрени поступци нормализације података, избор метрика и анализа стабилности модела.

Четврто поглавље приказује резултате спроведеног истраживања. Анализирани су

перформансе алгоритама у односу на појединачне критеријуме, као што су брзина обраде, прецизност детекције, ефикасност сегментације, отпорност на шум и енергетска ефикасност. Представљени су финални резултати интегралне анализе применом SWARA и NWA метода, као и интерпретација добијених ранг-листа. Поглавље обухвата и анализу осетљивости модела ради испитивања стабилности резултата при променама тежина критеријума.

Пето поглавље посвећено је дискусији добијених резултата. У овом делу резултати истраживања анализирани су у односу на теоријска полазишта и резултате претходних студија. Разматране су предности и ограничења предложеног хибридног модела, као и могућности његове примене у другим технолошким доменима. Посебна пажња посвећена је на практичној примени добијених резултата у индустријским и истраживачким окружењима, као и правцима даљих истраживања.

Шесто поглавље доноси закључна разматрања дисертације. Сажети су најзначајнији резултати и научни доприноси истраживања, уз осврт на остварење постављених циљева и проверу истраживачких хипотеза. Истакнут је значај развијеног хибридног модела за унапређење процеса евалуације и избора алгоритама дубоког учења за детекцију инфрацрвених сигнала у реалном времену, као и могућности његове даље примене и унапређења.

Седмо поглавље садржи списак литературе која је коришћена у изради докторске дисертације, систематизован у складу са академским стандардима.

Осмо поглавље обухвата прилоге који допуњују основни текст дисертације. У овом делу дати су спискови графика, табела и слика, као и биографија и библиографија аутора, уз пратеће изјаве у складу са академским и етичким нормама.

3. ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Предмет докторске дисертације

Предмет истраживања докторске дисертације односи се на развој и примену хибридног модела за вишекритеријумску евалуацију алгоритама дубоког учења у задацима детекције инфрацрвених сигнала у реалном времену. Посебна пажња усмерена је на интеграцију квантитативних перформанси алгоритама и експертских процена у поступку доношења одлука о избору најпогоднијих алгоритамских решења.

Истраживање се заснива на вредновању и рангирању различитих алгоритамских приступа на основу више релевантних критеријума, међу којима су брзина обраде, тачност детекције, ефикасност сегментације, отпорност на шум и енергетска ефикасност, у складу са захтевима реалних техничких система. Полазна основа ове дисертације јесте уочена чињеница да савремени системи за обраду инфрацрвених сигнала, упркос значајном развоју алгоритама дубоког и машинског учења, не располажу јединственим и методолошки утемељеним оквиром за избор алгоритама прилагођених конкретним условима примене. Постојећи приступи евалуацији алгоритама у највећој мери се ослањају на појединачне метрике или на изоловане експерименталне резултате, при чему се недовољно узима у обзир сложеност реалних окружења у којима је неопходно истовремено испунити више техничких захтева. У таквим околностима, примена вишекритеријумског приступа у евалуацији и селекцији алгоритама представља адекватан начин за унапређење поузданости и функционалности система за инфрацрвену детекцију у реалном времену.

Анализа досадашњих истраживања показује да не постоји модел који на систематичан начин обједињује објективне показатеље перформанси алгоритама и стручне процене релевантне важности критеријума. Квантитативни показатељи омогућавају прецизно сагледавање појединих аспеката рада алгоритама, али не одражавају у потпуности специфичности и приоритете конкретних апликационих сценарија, док су искључиво експертске процене подложне субјективним утицајима и ограниченој репродуктивности. Поред тога, односи између различитих критеријума евалуације и њихов утицај на укупне перформансе алгоритама нису довољно разрађени у постојећој литератури.

У том смислу, дисертација се бави научним проблемом који је актуелан и методолошки релевантан, а који се односи на развој хибридног модела за вишекритеријумску евалуацију алгоритама дубоког учења за детекцију инфрацрвених сигнала у реалном времену применом метода SWARA и NWA. Истраживање обухвата дефинисање и формализацију релевантних критеријума, прикупљање и обраду емпиријских података и експертских оцена, као и примену развијеног модела на репрезентативан скуп савремених алгоритама, са циљем успостављања објективног, транспарентног и репродуктивног оквира за доношење одлука.

Предмет ове дисертације је пажљиво изабран, значајан и актуелан, јер се бави сложеним и недовољно истраженим односом између различитих критеријума перформанси алгоритама дубоког учења и њихове применљивости у реалним системима за инфрацрвену детекцију. Интеграцијом савремених метода вештачке интелигенције и вишекритеријумског одлучивања, рад доприноси унапређењу теоријског и методолошког оквира у области информационо-комуникационих технологија и нуди применљиво решење за практичну селекцију и оптимизацију алгоритама у индустријским, безбедносним и истраживачким окружењима.

3.2 Циљ докторске дисертације

У оквиру рада, кандидат се усмерава на реализацију општег циља докторске дисертације, развој и верификацију хибридног модела за вишекритеријумску евалуацију алгоритама дубоког учења за детекцију инфрацрвених сигнала у реалном времену, са посебним нагласком на анализу односа између различитих критеријума перформанси алгоритама и њихове применљивости у реалним техничким системима. Посебан акценат стављен је на интеграцију експертских процена и квантитативних показатеља перформанси кроз примену метода вишекритеријумског одлучивања, у циљу обезбеђивања објективног,

транспарентног и репродуктивног оквира за избор оптималних алгоритамских решења.

Реализација постављеног циља спроведена је кроз три међусобно повезане фазе истраживања:

1) Аналитичку фазу, у којој је извршена систематична анализа савремених алгоритама дубоког учења за детекцију инфрацрвених сигнала, као и идентификација релевантних критеријума евалуације. Ова фаза обухвата прикупљање и анализу података из релевантне научне и стручне литературе, дефинисање критеријума као што су брзина обраде, тачност детекције, ефикасност сегментације, робусност на шум и енергетска ефикасност, као и интерпретацију њиховог значаја у контексту реалних апликационих сценарија.

2) Фазу моделовања, у којој је развијен хибридни модел за вишекритеријумску евалуацију и рангирање алгоритама, заснован на интеграцији SWARA методе за одређивање тежина критеријума и NWA методе за интегралну анализу и финално рангирање алтернатива. У овој фази формализован је поступак обраде експертских процена и квантитативних података, као и нормализација вредности и избор одговарајућих метрика, са циљем обезбеђивања стабилности и поузданости резултата.

3) Фазу примене, која је резултирала анализом добијених резултата, интерпретацијом рангирања алгоритама и формулисањем препорука за њихову примену у различитим индустријским, безбедносним и истраживачким окружењима. У оквиру ове фазе испитана је осетљивост модела на промене тежина критеријума, као и потенцијал његове примене у другим доменима обраде сигнала и слике.

Општи циљ је разложен на низ конкретних истраживачких задатака који укључују:

- идентификацију и формализацију релевантних критеријума за евалуацију алгоритама дубоког учења у детекцији инфрацрвених сигнала,
- анализу перформанси одабраних алгоритама на основу квантитативних показатеља из литературе и експерименталних резултата,
- структурирање и обраду експертских процена ради одређивања релативне важности критеријума,
- развој и имплементацију хибридног SWARA-NWA модела за интегралну евалуацију и рангирање алгоритама,
- анализу стабилности и осетљивости модела на промене улазних параметара,
- и формулисање препорука за избор и примену алгоритама у системима за детекцију инфрацрвених сигнала у реалном времену.

Циљ докторске дисертације је јасно дефинисан и остварен кроз доследно спроведене и методолошки утемељене истраживачке кораке.

3.3 Хипотезе од којих се полазило у истраживању

Полазећи од јасно дефинисаног предмета и циља истраживања, као и од утврђених истраживачких корака и полазних претпоставки, у оквиру докторске дисертације проверене су и потврђене следеће истраживачке хипотезе:

X1: Примена хибридног вишекритеријумског модела заснованог на интеграцији SWARA и NWA метода омогућава поуздано и објективно рангирање алгоритама дубоког учења за детекцију инфрацрвених сигнала у реалном времену.

X2: Дефинисањем релевантних критеријума евалуације, као што су брзина обраде, тачност детекције, ефикасност сегментације, робусност на шум и енергетска ефикасност, могуће је адекватно обухватити комплексне захтеве реалних система за обраду инфрацрвених сигнала.

X3: Постоје значајне разлике у укупним перформансама алгоритама дубоког учења када се они евалуирају применом вишекритеријумског приступа, у односу на процену засновану на појединачним метрикама.

X4: Интеграцијом експертских процена путем SWARA методе и квантитативних показатеља перформанси алгоритама путем NWA методе могуће је развити стабилан и репродуктиван модел за интегралну евалуацију алгоритама за детекцију инфрацрвених сигнала у реалном времену.

X5: Резултати добијени применом предложеног хибридног SWARA-NWA модела омогућавају формулисање јасних и практично применљивих препорука за избор и имплементацију алгоритама дубоког учења у различитим индустријским, безбедносним и истраживачким сценаријима.

На основу спроведене анализе и добијених резултата, може се закључити да су све постављене хипотезе потврђене у складу са очекивањима. Овим је потврђена научна оправданост предложеног хибридног модела, као и његова применљивост у процесу евалуације и селекције алгоритама за детекцију инфрацрвених сигнала у реалном времену, у складу са дефинисаним циљевима докторске дисертације.

3.4 Остварени резултати и научни допринос докторске дисертације

Докторска дисертација представља целовито и методолошки утемељено истраживање које је, кроз јасно дефинисан и систематично реализован истраживачки процес, резултирало значајним научним и практичним доприносима у области примене вештачке интелигенције и вишекритеријумског одлучивања у обради инфрацрвених сигнала у реалном времену. Посебан допринос рада огледа се у превазилажењу постојећих ограничења у евалуацији алгоритама дубоког учења, која су у досадашњим истраживањима често била заснована на појединачним метрикама и изолованим експерименталним условима. На теоријском нивоу, дисертација доприноси унапређењу разумевања сложених односа између различитих критеријума перформанси алгоритама дубоког учења и њихове укупне применљивости у реалним системима за инфрацрвену детекцију. Кроз систематичну анализу више алгоритамских архитектура и формализацију релевантних критеријума евалуације, рад пружа проширен и структуриран оквир за процену алгоритама у условима који одражавају стварне техничке и оперативне захтеве.

Посебан научни допринос остварен је развојем хибридног SWARA-NWA модела, који омогућава интеграцију експертских процена и квантитативних показатеља перформанси у јединствен процес одлучивања. Применом овог приступа обезбеђен је висок степен транспарентности, репродуктивности и стабилности резултата, што представља значајан корак напред у односу на постојеће приступе евалуацији алгоритама у домену инфрацрвене обраде сигнала. Добијени резултати омогућавају јасно рангирање алгоритама у складу са приоритетима конкретних апликационих сценарија, чиме се подржава доношење информисаних и оправданих технолошких одлука.

Поред теоријских резултата, дисертација доноси и изражен практични допринос. На основу интегралне анализе формулисане су конкретне и применљиве препоруке за избор и имплементацију алгоритама дубоког учења у индустријским, безбедносним и истраживачким системима који захтевају рад у реалном времену. Ове препоруке омогућавају оптималан баланс између брзине, тачности, робусности и енергетске ефикасности, што је од посебног значаја у окружењима са ограниченим ресурсима и строгим техничким захтевима. Додатни допринос рада огледа се у анализи стабилности и осетљивости предложеног модела, чиме је потврђена његова поузданост у условима променљивих улазних параметара и различитих приоритета критеријума. Овим је створена основа за широку примену модела и његову адаптацију у другим доменима примене вештачке интелигенције, као што су медицинска дијагностика, видео надзор и интелигентни системи мониторинга.

Значајан аспект дисертације представља и могућност интеграције предложеног модела у постојеће софтверске и хардверске платформе за обраду инфрацрвених сигнала. Развијени

приступ може послужити као подршка инжењерима и доносиоцима одлука у процесу планирања, оптимизације и модернизације техничких система, доприносећи унапређењу ефикасности, поузданости и одрживости савремених технолошких решења.

Научна релевантност и валидност резултата потврђена је објављивањем радова у међународним научним часописима и зборницима конференција, чиме је обезбеђена видљивост и верификација доприноса у оквиру шире научне заједнице. На тај начин, ова докторска дисертација представља значајан допринос развоју методологије вишекритеријумске евалуације и њене примене у области инфрацрвене детекције у реалном времену.

4. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Током писања овог извештаја Комисија је узела у обзир све релевантне чињенице које формирају коначну слику о докторској дисертацији. Докторска дисертација кандидата Николе М. Глигоријевића под називом „Хибридни модел за вишекритеријумску евалуацију алгоритама за детекцију инфрацрвених сигнала у реалном времену“ је у целини написана у складу са образложењем које је наведено у пријави теме и испуњава све законске, формалне и суштинске услове и критеријуме који се примењују приликом вредновања докторске дисертације. Током израде докторске дисертације, кандидат је спровео детаљан преглед научне и стручне литературе из релевантних научних области повезаних са проблематиком докторске тезе. Већина анализираних радова потиче из врхунских међународних часописа и објављена је од стране истакнутих стручњака у области која је предмет истраживања. Овим прегледом кандидат је стекао свеобухватан увид у досадашње резултате истраживања који се тичу обрађиване проблематике. Научни доприноси, иновативни приступ креирању модела за вишекритеријумску анализу алгоритама, као и примена добијених резултата у реалним сценаријима показују зрелост кандидата и способност за самосталан научно-истраживачки рад. Комисија је мишљења да докторска дисертација садржи оригиналне научне доприносе са доказаном практичном применом.

На основу претходно изнетих чињеница као и на основу детаљне оцене дисертације, Комисија са задовољством предлаже Већу за последипломске студије Алфа БК Универзитета да се докторска дисертација под насловом „Хибридни модел за вишекритеријумску евалуацију алгоритама за детекцију инфрацрвених сигнала у реалном времену“ кандидата Николе М. Глигоријевића прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Сенату Алфа БК Универзитета, а кандидату одобри јавна одбрана докторске дисертације.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Дејан Видука, редовни професор, Факултет
информационих технологија, Алфа БК универзитет,
председник комисије.

.....
Проф. др Војкан Николић, ванредни
професор, Департман за информатику и
рачунарство, Криминалистичко-полицијски
универзитет, *ментор.*

.....
Доц. др Јелена Стојановић, доцент, Факултет
информационих технологија, Алфа БК универзитет, *члан.*