

ВЕЋУ ЗА ПОСЛЕДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ
ФАКУЛТЕТА ИНФОРМАЦИОНИХ ТЕХНОЛОГИЈА
АЛФА БК УНИВЕРЗИТЕТА

Одлуком број 934 од 07.04.2026. године Већа за последипломске студије Алфа БК Универзитета, са седиштем у Београду, на електронској седници одржаној са гласањем од 06.04.2026. године до 07.04.2026. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и јавну одбрану докторске дисертације кандидата Јордана М. Атанасијевића под називом „Модел заснован на модификованом DBSCAN алгоритму за идентификацију и анализу “црних тачака” на путевима Републике Србије”.

Комисија у саставу:

- 1) Проф. др Дејан Видука, редовни професор, Факултет информационах технологија Алфа БК Универзитет, председник;
- 2) Проф. др Иван Тот, ванредни професор, Универзитет одбране, Београд, 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

Јордан Атанасијевић је рођен 25. јула 1992. године у Ужицу. Основну школу завршио је у Ариљу, са одличним успехом. Војну гимназију, општи смер, завршава 2011. године у Београду, као ученик 35. класе, са одличним успехом као други у рангу. Након тога уписује Војну академију, смер Војноелектронско инжењерство, модул информационах системи. На Војној академији дипломира 2015. године, са одличним успехом (8.98). Након завршетка Војне академије, заснова радни однос као официр Војске Србије, а прво радно место му је у гарнизону Београд. Исте године (школске 2015/2016.) уписује мастер академске студије, на Факултету организационих наука Универзитета у Београду, смер Информационах системи и технологије, модул информационах системи. Мастер академске студије дипломира 2016. године, са одличним успехом (9.38). Школске 2017/2018. године уписује докторске академске студије на Факултету техничких наука у Чачку, студијски програм Информационе технологије. Школске 2024/2025. године уписује трећу годину докторских академских студија на Универзитету Алфа БК, смер информационо-комуникационе технологије. Положио је све планом предвиђене испите.

Тренутно ради у Војсци Србије у својству официра Војске Србије, а поред редовних радних активности бави се и истраживањем у склопу докторских академских студија на Универзитету Алфа БК. На Војној академији у Београду изабран је у звање асистента. Реализује вежбе на предметима Оперативни системи, Информационе технологије и Пројектовање информационах система. Бави се научно-истраживачким радом у области откривања законитости у подацима.

1.2. Spisak objavljenih i prihvaćenih radova za objavljivanje kandidata

Библиографија кандидата обухвата следеће радове:

Рад у међународном часопису (M23):

Jordan ATANASIJEVIC, Danijela MILOSEVIC, *Upgrading the Business Intelligence System by Implementing the Decision Tree Model in the R Software Package*, Studies in Informatics and Control, ISSN 1220-1766, vol. 29(2), pp. 243-254, 2020. DOI: <https://doi.org/10.24846/v29i2y202009>

Саопштења са међународног скупа штампана у целини (M33):

I. Tot, B. Jovanović, D. Bogičević, T. Gajić, **J. Atanasijević**, *Softversko rešenje za akviziciju i vizuelizaciju moždanih talasa*, LXIV konferencija ETRAN, 06-09. jun 2022, Novi Pazar, ISBN 978-86-7466-930-3

Atanasijević, J., Atanasijević, N. *Automated process of determining "black points" in traffic using business intelligence systems*. In: Zdravković, M., Trajanović, M., Konjović, Z. (Eds.) ICIST 2021 Proceedings, pp.158-162, 2021, 14.03-17.03. 2021. Kopaonik, ISBN 978-86-85525-24-7

J. Atanasijević, N. Atanasijević, *Improvement of business intelligence system by application of R program package*, 10th International Conference on Information Society and Tehnology (ICIST 2020), 08-11. mart 2020, Kopaonik, ISBN 978-86-85525-24-7

J. Atanasijević, N. Atanasijević, *Informacioni sistem za unapređenje rada instituta za transfuziju krvi Srbije*, ITOP 2019, pp. 51, 06-07. april 2019, Čačak, ISBN 978-86-7776-233-9

J. Atanasijević, N. Atanasijević, B. Đorđević, *Analysis of the influence of SSD and magnetic discs on the performance of SQL Server*, 9th International Conference on Information Society and Tehnology (ICIST 2019), 10-13. mart 2019, Kopaonik, ISBN 978-86-85525-24-7

J. Atanasijević, *Komparativna analiza razvoja i primene standarda za razvoj softvera u Srbiji i BiH, TIE 2018, 25-27. MAJ 2018, Čačak, ISBN: 978-86-7776-226-1*

Саопштења са скупа националног значаја штампана у целини (M63):

J. Atanasijević, D. Djukic, I. Tot, *Analiza podataka o saobraćajnim nezgodama sa socioekonomskog aspekta korišćenjem sistema poslovne inteligencije*, Zbornik sa XXXI naučne i biznis konferencije Yu Info 2025, 09-12. mart 2025, Kopaonik

J. Atanasijević, D. Djukic, I. Tot, *Interpolacija kubnim splajnom korišćenjem programskog paketa Wolfram Mathematica*, Zbornik sa XXXI naučne i biznis konferencije Yu Info 2025, 09-12. mart 2025, Kopaonik

J. Atanasijević, D. Viduka, I. Tot, *Primena CMMN notacije u modelovanju dinamičnih poslovnih procesa i upravljanju slučajevima*, Zbornik sa XXXI naučne i biznis konferencije Yu Info 2025, 09-12. mart 2025, Kopaonik

J. Atanasijević, *Analiza podataka o saobraćajnim nezgodama korišćenjem sistema poslovne inteligencije*, Zbornik sa XXIX naučne i biznis konferencije Yu Info 2023, 12-15. mart 2023, Kopaonik, ISBN 978-86-85525-29-2

J. Atanasijević, D. Lazović, *ANALIZA PODATAKA O COVID-19 KORIŠĆENJEM SISTEMA POSLOVNE INTELIGENCIJE*, Zbornik sa XXVIII naučne i biznis konferencije Yu Info 2022, 13-16. mart 2022, Kopaonik, ISBN 978-86-85525-27-8

J. Atanasijević, N. Atanasijević, B. Đorđević, *Implementacija i analiza vertikalnog particionisanja u bazama podataka sa aspekta memorije*, Zbornik sa XXV naučne i biznis konferencije Yu Info 2019, 10-13. mart 2019, Kopaonik, ISSN 978-86-85525-23-0

D. Lazović, J. Bajčetić, J. Atanasijević, *M2M komunikacija i њихова примена у еЗдрављу*, Zbornik sa XXV naučne i biznis konferencije Yu Info 2018, 10-13. mart 2019, Kopaonik, ISSN 978-86-85525-23-0

J. Atanasijević, N. Stanković, *Komparativna analiza kompleksnih upita nad bazom podataka i skladištem podataka*, Zbornik sa XXIV naučne i biznis konferencije Yu Info 2018, 11-14. mart 2018, Kopaonik, ISSN 978-86-85525-21-6

D. Popović, D. Glumac, J. Atanasijević, *INDETIFIKACIJA, MODELOVANJE I PID REGULACIJA SERVO SISTEMA MS150 UZ POMOĆ LABVIEW SOFTVERSKOG PAKETA*, Zbornik sa XXI naučne i biznis konferencije Yu Info 2015, 08-11. mart 2015, Kopaonik. ISBN: 978-86-85525-15-5

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 (M23):

Jordan ATANASIJEVIC, Danijela MILOSEVIC, *Upgrading the Business Intelligence System by Implementing the Decision Tree Model in the R Software Package*, Studies in Informatics and Control, ISSN 1220-1766, vol. 29(2), pp. 243-254, 2020. DOI: <https://doi.org/10.24846/v29i2y202009>
Прихваћено и објављено.

2. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

2.1 Наслов докторске дисертације

Наслов докторске дисертације на српском језику: Модел заснован на модификованом DBSCAN алгоритму за идентификацију и анализу “црних тачака” на путевима Републике Србије.

Наслов докторске дисертације на енглеском језику: “A model based on a modified DBSCAN algorithm for the identification and analysis of road “black spots” in the Republic of Serbia.

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 Јордана М. Атанасијевића написана је на 152 стране (не укључујући изјаве), укључује 65 слика, 11 табела, као и 135 литературних навода. Докторска дисертација садржи осам поглавља (не укључујући Прилоге): Увод, Преглед литературе у погледу дефинисања опасних места – „црних тачака“, Преглед досадашњих реализованих студија, пројеката и истраживања која су обрађивала опасна места – „црне тачке“ на путевима Републике Србије, Интегрисани системи за управљање и анализу података, Модификовани *Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise* алгоритам, Детаљан опис математичког модела за одређивање „црних тачака“ (односно деоница, зона), Архитектура и конструкција окружења за идентификацију “црних тачака” на путевима у Републици Србије коришћењем модификованог алгоритма и система пословне интелигенције, Доказ хипотеза, Научни допринос и дискусија резултата, Закључак, Литература.

2.4 Кратак опис појединачних поглавља докторске дисертације

Докторска дисертација је организована у следеће логички повезане целине:

Уводни део представља осврт на циљ истраживања, опис проблема и сажет садржај рада. Након тога је у теоријском делу рада дат сажет преглед појмова и дефиниција везаних за алгоритме машинског учења, са акцентом на кластеровање просторних података.

У поглављу **Преглед литературе у погледу дефинисања опасних места – „црних тачака“ на путевима** сагледано је тренутно стање обзиром да литература указује на више појмова која дефинишу опасна места, као што су места високог ризика, локације са великом вероватноћом настанка незгода, „црним тачкама“, „жариштима“, итд. У Републици Србији се последњих година усталио појам „црне тачке“ или опасног места на путу. У овом делу сагледана је референтна литература у погледу дефинисања опасних места – „црних тачака“ на путевима и поступак њихове идентификације.

У оквиру подпоглавља преглед одабране литературе у којој су обрађивана опасна места – „црне тачке“ на путевима – развој научне мисли дат је осврт на досадашња истраживања, која су карактеристична и узимају се као полазна основа јер садрже квалитетан преглед критеријума и метода за идентификацију опасних места на путевима у осам европских држава.

Подпоглавље **Преглед досадашњих реализованих студија, пројеката и истраживања која су обрађивала опасна места – „црне тачке“ на путевима Републике Србије** представља одговор на основну хипотезу везану за предлог примене кластеровања алгоритмом машинског учења за одређивање „црних тачака“ или деоница пута, који користи параметризовани математички модел за њихову идентификацију, употребом података о географској локацији где се незгода догодила и њеном врстом (саобраћајне незгоде са погинулим и повређеним лицима), а на основу њихових пондерисаних вредности, са циљем проширења постојеће методологије за идентификацију опасних места.

Поглавље **Интегрисани системи за управљање и анализу података** даје осврт на начин имплементације који омогућава повезивање различитих извора података, у конкретном случају јавно доступних података са портала Отворених података, њихово формирање и централно складиштење ради ефикаснијег управљања и формирања. Коришћењем система Пословне интелигенције и складишта података, наведени подаци су ефикасно припремљени за коришћење у оквиру модификованог алгоритма.

Подпоглавље **Отворени подаци** описује концепт у коме су настали и у коме се развијају отворени подаци. Отворени подаци представљају концепт у коме одређени подаци треба да буду слободно (јавно) доступни свима, на коришћење и поновну употребу, без ауторских и других ограничења. У складу са принципима других иницијатива/покрета, као што су Софтвер отвореног кода, подаци отвореног садржаја и других, који промовишу предности отвореног приступа и дељења информација, тако и иницијатива отворених података дефинише основне форме комерцијалне и некомерцијалне употребе и размене података, уз поштовање одређених правила кроз одговарајуће лиценцирање сваког скупа података.

У наредном подпоглављу, приказан је концепт функционисања **система пословне интелигенције**. Пословна интелигенција представља начин пословног понашања који омогућава, да се пословне одлуке на свим нивоима одлучивања (стратешком, тактичком и оперативном) доносе и заснивају на релевантним и ажурним пословним информацијама, а не на предосећају и субјективном утиску. У овом раду, предложени алгоритам се заснива на резултатима и подацима добијеним коришћењем система пословне интелигенције.

Откривене законитости у подацима, као откривено знање, треба приказати на одговарајући графички начин. Из тог разлога је важна визуелизација података. Различитим моделима и техникама анализе нпр. добијају се бројчани подаци. Међутим, људско око ће много брже и прецизније препознати резултате анализе ако су резултати приказани графички уместо бројчано, а разумевање уочене појаве ће бити боље. Зато је у раду посебан акценат дат на визуелизацију анализираних података.

У наредном подпоглављу разматрана су **Складиште података** (*Data Warehouse*, енгл.), из разлога што оно чини основу система пословне интелигенције. Складиште података одржава

скуп историјских података који представљају низ стања система проузрокованих догађајима или активностима које се обављају и систему који се прати. Ови подаци се периодично прикупљају, најчешће из више извора, како би се вршила одређена анализа, са циљем праћења трендова и дефинисања стратешких одлука.

Следеће поглавље под називом **Модификовани *Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise*** описује постојећи алгоритам кластеровања који се примењује на просторне податке *DBSCAN* и предлог једне његове модификације са детаљним описом итерација. *DBSCAN* је алгоритам кластеровања који кластере одређује на основу густине распореда елемената скупа података у простору. *DBSCAN* је коришћен као инспирација за развој многих других алгоритама заснованих на густини. За *DBSCAN* биће приказан школски пример ради сагледавања његовог рада. Затим је алгоритам примењен на реалном случају, а то су подаци о саобраћајним незгодама. Над истим скупом података је примењен и модификовани алгоритам ради приказа боље идентификације кластера. Затим је приказана примена модификованог алгоритма за одређивање опасних места на основу података о локацијама саобраћајних незгода, са описом кластеровања алгоритмом машинског учење за одређивање “црних тачака” или деоница пута, који користи параметризовани математички модел за њихову идентификацију, употребом података о географској локацији где се незгода догодила и њеном врстом (саобраћајне незгоде са погинулим и повређеним лицима), а на основу њихових пондерисаних вредности.

У поглављу **Детаљан опис математичког модела за одређивање „црних тачака“** је дат опис математичког модела. Модел је нестационаран, обзиром да садржи променљиве које се мењају у току времена. Променљиве које фигуришу у моделу, а подлежу промени у току времена су број и последице саобраћајних незгода. Поред тога, саобраћајне незгоде се различито позиционирају на мрежи путева и улица у току времена, те се и места „нагомилавања“ саобраћајних незгода могу евентуално променити.

Поглавље **Архитектура и конструкција окружења за идентификацију “црних тачака” на путевима у Републици Србије коришћењем модификованог алгоритма и система пословне интелигенције** описује процес аутоматског креирања складишта података и апликације за идентификацију опасних места на путевима у Републици Србији, где корисник бира и уноси параметре које користи модификовани *DBSCAN*, а као излаз добија кластере који представљају “црне тачке” на путевима.

У поглављу **Доказ хипотеза** је дискутовано о општој и постављеним посебним хипотезама.

Поглавље **Научни допринос и дискусија резултата** представља синтезу резултата истраживања и јасно формулише оригиналне елементе рада који га издвајају од постојећих решења у литератури. У овој целини приказан је научни допринос са аспекта развоја модификованог *DBSCAN* алгоритма са пондерисаним параметрима, увођења математичког модела за процену значаја кластера, интеграције алгоритма са системом пословне интелигенције и складиштем података, као и методологије за идентификацију и визуелизацију „црних тачака“ на путевима. На тај начин, поглавље обједињује сажет преглед теоријских и практичних аспекта доприноса, показујући како предложени модел не само да унапређује постојеће технике кластеризације, већ и пружа конкретну примену у реалним условима, чиме се обезбеђује нова вредност у области пословне аналитике и управљања подацима, са акцентом на научни допринос.

Закључни део дисертације разматра целокупну сврсисходност истраживања. Осим закључака рада размотрене су и могућности даљег унапређивања и испитивања у обрађеној области. Дат је критички осврта на рад, уз издвајање теоријских и практичних доприноса рада. Нацртом дисертације је, у овом сегменту рада, такође реализовано анализирање могућности практичне примене развијеног алгоритма, као и представљање планираних праваца даљег развоја и истраживања.

Резултати истраживања презентовани су текстуално, описивањем, објашњавањем и дискутовањем, уз табеларни и графички приказ. На основу прегледа садржаја докторске дисертације могуће је закључити да примењене научне методе и технике по свом значају и структури одговарају проблему, предмету и циљевима дисертације.

Осмо поглавље обухвата прилоге који допуњују основни текст дисертације. У овом делу налазе се 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 обухвата развој и примену модификованог *DBSCAN* алгоритма у контексту пословне интелигенције и кластеризације комплексних података, са посебним освртом на практичну примену и потврду у идентификацији „црних тачака“ на путевима у Републици Србији. Истраживање је усмерено на систематично унапређење процеса кластеризације кроз увођење пондерисаних параметара, развој математичког модела за процену значаја кластера и интеграцију алгоритма са складиштем података и *BI* алатима, чиме се обезбеђује да резултати имају директну примену у реалним условима.

Полазна претпоставка дисертације је да класични *DBSCAN* алгоритам, и поред своје широко распрострањене употребе, показује ограничења у условима хетерогених и динамичких података, као и у ситуацијама када је потребно истовремено задовољити више критеријума. Постојећи приступи кластеризацији углавном се ослањају на фиксне параметре и једноставне метрике, при чему се занемарује комплексна природа реалних окружења у којима је неопходно обезбедити поузданост, прецизност и применљивост резултата. У таквом контексту, развој модификованог алгоритма који интегрише адаптивне параметре, тежинске коефицијенте и временску димензију издваја се као кључна претпоставка за унапређење поузданости и ефикасности процеса кластеризације.

Истраживање обухвата дефинисање и формализацију нових параметара, развој математичког модела за процену значаја кластера, интеграцију алгоритма са системом пословне интелигенције и складиштем података, као и примену развијене методологије на реалан проблем идентификације опасних места у саобраћају. Практична примена и потврда модела у идентификацији „црних тачака“ показала је да предложени приступ омогућава добијање поузданих и корисних информација у формату који је разумљив и применљив у процесу доношења одлука.

Предмет ове дисертације је пажљиво изабран, значајан и актуелан, јер се бави сложеним и недовољно истраженим односом између различитих критеријума кластеризације и њихове применљивости у реалним системима. Интеграцијом савремених метода кластеризације и пословне интелигенције, 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 модификованог *DBSCAN* алгоритма који омогућава прецизнију идентификацију кластера кроз увођење пондерисаних параметара и примену математичког модела за процену њиховог значаја, са посебним нагласком на практичну примену и потврду у идентификацији „црних тачака“ на путевима у Републици Србији. Посебан акценат стављен је на интеграцију алгоритма са системом пословне интелигенције и складиштем података, као и на визуелизацију резултата кроз *BI* алате, у циљу обезбеђивања објективног, транспарентног и применљивог оквира за доношење одлука.

Реализација општег циља остварена је кроз три међусобно повезане фазе истраживања:

1. **Аналитичка фаза** – у којој је извршена систематична анализа постојећих метода кластеризације заснованих на густини, са посебним освртом на *DBSCAN* алгоритам и његова ограничења. У овој фази дефинисани су релевантни параметри и критеријуми за идентификацију кластера, као и потреба за увођењем пондерисаних вредности и математичког модела који омогућавају прецизнију процену значаја кластера.

2. **Фаза моделовања** – у којој је развијен модификовани *DBSCAN* алгоритам са пондерисаним параметрима и интегрисан математички модел за процену значаја кластера. У овој фази формализован је поступак кластеризације који не зависи искључиво од броја тачака, већ узима у обзир њихов реални значај у контексту, као и просторне и временске димензије података.
3. **Фаза примене** – у којој је алгоритам интегрисан са системом пословне интелигенције и складиштем података кроз *ETL* процес, а резултати кластеризације смештени у *OLAP* структуре ради интерактивне анализе и визуелизације. У оквиру ове фазе развијена је методологија за идентификацију и визуелни приказ „црних тачака“ на путевима, што је омогућило практичну потврду модела и његову примену у реалном окружењу.

Општи циљ је разложен на подциљеве, дефинисане кроз конкретне кораке истраживања, који укључују:

- развој модификованог *DBSCAN* алгоритма са пондерисаним параметрима,
- формализацију математичког модела за процену значаја кластера,
- интеграцију алгоритма са системом пословне интелигенције и складиштем података,
- идентификацију и визуелни приказ опасних места на путевима,
- и практичну примену модела у реалном окружењу ради потврде његове ефикасности.

Циљ докторске дисертације је јасно формулисан и у потпуности успешно реализован кроз испуњавање конкретних, методолошки утемељених и логички повезаних истраживачких корака, чиме је обезбеђен допринос како у теоријском, тако и у практичном домену кластеризације и пословне аналитике.

3.3 Хипотезе од којих се полазило у истраживању

На основу јасно дефинисаног предмета и циља истраживања, као и формулисаних истраживачких корака и полазних претпоставки, у оквиру докторске дисертације проверене су и потврђене следеће истраживачке хипотезе:

Општа хипотеза гласи:

*Применом модификованог алгоритма машинског учења за идентификацију кластера над просторним подацима проширује се могућност примене стандардног *DBSCAN* алгоритма и успешно су идентификована опасна места, „црне тачке“ на путевима на територији Републике Србије, коришћењем јавно доступних података, што се успешно може користити за доношење одлука значајних за управљање.*

Посебне хипотезе

- X1: Модификовани *DBSCAN* алгоритам користи параметре математичког модела и не захтева унапред познат број кластера, што доводи до прецизнијих резултата;*
- X2: Модификовани *DBSCAN* алгоритам се може применити у системима пословне интелигенције заснованим на концепту складишта података.*
- X3: Примена модификованог *DBSCAN* алгоритма побољшава идентификацију опасних тачака на путевима и омогућава бољу анализу података за доношење одлука;*
- X4: Примена модификованог *DBSCAN* алгоритма омогућава лакше креирање и дељење знања о опасним тачкама међу доносиоцима одлука;*
- X5: Модификовани *DBSCAN* алгоритам побољшава идентификацију опасних тачака и омогућава скалабилну примену на већим сетовима података.*

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 модификованог алгоритма, као и његова применљивост у процесу идентификације кластера, 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. У овом раду, полазиште је био *DBSCAN* алгоритам, један од најзначајнијих густинских метода кластеровања, али је кроз систематичне измене и увођење нових елемената развијена верзија која омогућава обраду комплексних, хетерогених и динамичких података.

Класични *DBSCAN* алгоритам, иако снажан у откривању кластера произвољног облика и отпоран на шум, показује ограничења у условима хетерогених података и различитих густина. У модификованој верзији алгоритма уведено је динамичко подешавање ϵ параметра, које омогућава да се радијус околине прилагођава локалној густини података. Овај приступ омогућава да алгоритам истовремено препозна кластере у зонама високе и ниске густине, чиме се превазилази проблем фиксног ϵ . Поред тога, уведен је тежински приступ који свакој тачки додељује релевантност на основу њених атрибута, чиме се обезбеђује да кластери са значајнијим тачкама буду препознати као приоритетни. Алгоритам је проширен и временском димензијом, тако да кластеровање више није ограничено на просторне координате, већ укључује и динамику кроз време. Коначно, развијена је мулти-тежинска верзија која комбинује више критеријума кроз систем тежина, чиме се добија свеобухватнији модел.

Да би се превазишла ограничења класичног *DBSCAN*-а, у модификовани модел уведени су нови елементи који га чине прилагодљивијим и прецизнијим. Најзначајнији је динамички ϵ параметар, који се израчунава у односу на локалну густину и омогућава кластеровање у зонама различите густине. Поред тога, уведени су тежински коефицијенти који свакој тачки додељују релевантност засновану на њеним атрибутима, чиме се обезбеђује да анализа не фаворизује само бројност, већ и значајност података. Новина је и временска компонента, која омогућава кластеровање у временској димензији и идентификацију динамичких кластера. Коначно, мулти-тежински систем комбинује више фактора кроз систем тежина, што омогућава свеобухватнију анализу и добијање кластера који истовремено узимају у обзир густину, релевантност и динамику података.

У литератури постоје бројне варијанте *DBSCAN*-а, као што су *Weighted DBSCAN*, *DBSCAN++* за стриминг податке, *Adaptive DBSCAN* за спатио-темпоралне скупове и хибридни модели који комбинују *DBSCAN* са другим техникама. Међутим, предложени модел се разликује у томе што интегрише више модификација у јединственом оквиру. Док постојеће варијанте решавају појединачне проблеме, предложени модел комбинује адаптивни ϵ , тежински приступ и временску компоненту у једном алгоритму. За разлику од класичних *Weighted DBSCAN* варијанти, овде се тежине не додељују само на основу једног критеријума, већ кроз комбинацију више фактора. Модел је дизајниран тако да може да се примени на различите типове података, што га чини универзалнијим у односу на специјализоване варијанте. На тај начин, предложени приступ представља интеграцију и проширење постојећих решења, а не само њихову модификацију.

Предложени модел доноси конкретна побољшања у односу на постојеће методе кластеровања. Адаптивни ϵ омогућава прецизније кластеровање у хетерогеним скуповима података, где класични *DBSCAN* није могао да постигне задовољавајуће резултате. Тежински приступ обезбеђује да кластери са релевантнијим тачкама буду препознати као приоритетни, а не само они са највећим бројем тачака. Интеграција временске димензије омогућава динамичку анализу кроз различите интервале, чиме се добија богатија и реалнија слика. Мулти-тежински систем омогућава свеобухватност кроз комбинацију више фактора, чиме се добија модел који истовремено узима у обзир густину, релевантност и динамику података. Ова побољшања чине модел практично применљивијим и научно релевантнијим, јер превазилази ограничења класичног *DBSCAN*-а и постојећих варијанти, нудећи нови методолошки оквир за кластеровање комплексних података.

Допринос рада може се јасно формулисати кроз више међусобно повезаних елемената који заједно чине новину истраживања. Први и основни допринос огледа се у развоју модификованог *DBSCAN* алгоритма. Уведен је нови модел кластеризације који укључује пондерисане параметре објеката, односно предмета кластеризације. Тежина сваке тачке дефинисана је као комбинација пондерисаних вредности, чиме кластеризација више не зависи

искључиво од броја тачака, већ од њиховог реалног значаја у контексту. На овај начин обезбеђена је прецизнија идентификација кластера и боља репрезентација података.

Други допринос представља увођење математичког модела за процену значаја кластера. Формулисан је модел који комбинује пондерисану вредност кластера, број унутрашњих и спољашњих тачака, као и просечну вредност растојања између преклапајућих кластера. Овај модел омогућава да се кластери рангирају по тежини и сложености, чиме се добија прецизнија процена њиховог значаја. На тај начин кластери се не процењују само по количини података, већ и по квалитету информација које садрже, што представља значајан корак напред у односу на постојеће приступе.

Трећи допринос огледа се у интеграцији алгорита са системом пословне интелигенције и складиштем података. Алгоритам је повезан са *Data Warehouse* системом кроз *ETL* процес, где се текстуалне категорије конвертују у нумеричке пондере. Резултати кластеризације смештени су у *OLAP* структуре, што омогућава интерактивну анализу и визуелизацију кроз *BI* алате. Ова интеграција обезбеђује да алгоритам није само теоријски модел, већ део практичног система за подршку одлучивању, чиме се његова примена проширује на реалне пословне сценарије.

Четврти допринос представља развијена методологија за идентификацију и визуелизацију „црних тачака“. Користећи јавно доступне податке, кроз примену *MW-DBSCAN* алгорита добијају се кластери који се рангирају по значају и приказују на географским мапама. Овај приступ омогућава да се резултати кластеризације представе у визуелно разумљивом формату, што значајно доприноси процесу доношења одлука и повећава практичну вредност истраживања.

Сумирано, допринос рада огледа се у развоју модификованог *DBSCAN* алгорита са пондерисаним параметрима, увођењу математичког модела за процену значаја кластера, интеграцији са системом пословне интелигенције и складиштем података, као и у развоју методологије за идентификацију и визуелизацију критичних тачака. Ови елементи заједно чине јединствену целину која обезбеђује нову вредност у области кластеризације и пословне аналитике.

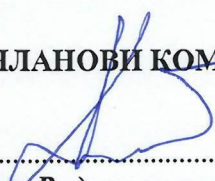
Научна релевантност и валидност резултата потврђена је објављивањем радова у међународним научним часописима и зборницима конференција, чиме је обезбеђена видљивост и верификација доприноса у оквиру шире научне заједнице.

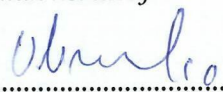
4. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Током писања овог извештаја Комисија је узела у обзир све релевантне чињенице које формирају коначну слику о докторској дисертацији. Докторска дисертација кандидата Јордана М. Атанасијевића под називом „Модел заснован на модификованом *DBSCAN* алгоритму за идентификацију и анализу “црних тачака” на путевима Републике Србије“ 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, модификација и примена модификованог алгорита, 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 „Модел заснован на модификованом *DBSCAN* алгоритму за идентификацију и анализу “црних тачака” на путевима Републике Србије“ кандидата Јордана М. Атанасијевића прихвати, изложи на увид јавности и упуту 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.*

.....
Проф. др Иван Тот, ванредни професор, Универзитет
одбране, Београд, *члан.*