

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовео комисију: Декан Факултета техничких наука у Новом Саду, на предлог Наставно-научног већа Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду, решење број: 012-199/32-2021		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1. <b>др Драган Стојановић</b>	Редовни професор	Рачунарство и информатика, 20.4.2015.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Електронски факултет, Ниш		председник
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2. <b>др Гордана Јаковљевић</b>	Доцент	Картографија, 27.5.2021.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Архитектонско – грађевинско – геодетски факултет, Бања Лука		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3. <b>др Дубравка Сладић</b>	Ванредни професор	Геоинформатика, 20.06.2019.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4. <b>др Радловић Александра</b>	Ванредни професор	Геоинформатика, 11.03.2021.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5. <b>др Миро Говедарица</b>	Редовни професор	Геоинформатика, 26.04.2012.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		ментор
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ		
1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Младен, Здравко, Амовић</b>		
2. Датум рођења, општина, држава: 19.02.1990., Соколац, Босна и Херцеговина, Република Српска		

3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:  
Архитектонско – грађевинско – геодетски факултет, Универзитет у Бања Луци, Студијски програм Геодезија, Мастер инжењер геодезије
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:  
2015. године, Геодезија и геоматика

### **III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

**Модел управљања просторно – временским подацима у паметном граду**

### **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

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

Докторска дисертација кандидата Младена Амовића, под насловом „**Модел управљања просторно – временским подацима у паметном граду**”, написана је на 177 страни и структурирана у осам поглавља. Дисертација садржи 135 референци, 14 табела, 16 слика, 15 шема и 2 прилога. На самом почетку дисертације, пре оригиналног текста, налази се насловна страна и пратећи уводни материјал који садржи: кључну документацијску информацију на српском и енглеском језику, резиме рада на српском и енглеском језику, садржај рада, листу публикованих истраживања, списак скраћеница, списак табела, списак слика, списак шема и списак прилога.

Докторска дисертација структурирана је кроз следећих девет поглавља:

1. Уводна разматрања (од 1. до 11. стране);
2. Дефиниција и примјена концепта паметних градова у контексту просторно – временских података (од 14. до 56. стране);
3. Дефиниција и примјена концепта BIG DATA технологија (од 57. до 81. стране);
4. Архитектура GAMINESS система просторно – временских података (од 82. до 95. стране);
5. Развој процесног и имплементационог модела GAMINESS система (од 96. до 134. стране);
6. Закључак (од 135. до 136. стране);
7. Литература (од 137. до 146. стране);
8. Прилози (од 147. до 177. стране).

### **V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

#### **Поглавље 1 – Уводна разматрања**

У оквиру поглавља су дефинисани предмет и циљ научног истраживања, као и полазне хипотезе дисертације. Анализом доступне литературе, а према предложеном концепту идентификовани су проблеми истраживања за теоријску реализацију паметног града у концепту Big Data. Предмет истраживања огледа се кроз решавање сваког појединачног проблема: количине (volume), разноликости (variety), брзине (velocity), варијабилности (variability) и вредности (value). Циљ научног истраживања подразумева развој модела који је базиран на map–reduce парадигми Big data и који пружа могућност решавања 5V проблема у контексту паметног града. Поред опште хипотезе да нови модел управљања просторно-временским подацима у паметном граду, у контексту Big data парадигме, омогућава решавање 5V проблема приликом геопроцесуирања великих количина просторно-временских података и њихову ефикаснију аналитичку обраду, специфициране су и посебне хипотезе. Увођењем просторно-временских типова података омогућен је стандардизован приступ у Big data парадигми. Проширењем CityGML стандарда за модел IoT, омогућена је далеко већа ефикасност у превазилажењу проблема варијабилности и

дефинисање нових кориснички дефинисаних типова података, који омогућава превођење података из полуструктуриране форме у структурирану форму модела. У завршном сегменту поглавља образложена је потреба, значај, допринос и могућности примене резултата овог истраживања.

*Комисија закључује да су предмет, постављени циљеви дисертације, истраживачке хипотезе као и потенцијални допринос примене резултата истраживања адекватно дефинисани.*

## **Поглавље 2 - Дефиниција и примјена концепта паметних градова у контексту просторно – временских података**

Ово поглавље обухвата детаљно образложење концепта паметног града кроз анализу различитих аспеката утицаја развоја овог концепта, дефиницију те примену одговарајућих технологија. У контексту паметног града разматрани су одговарајући стандарди који дефинишу просторно – временски модел података. Као најзначајнији, анализирани су CityGML, IndoorGML и CityJSON просторно – временски модел података. Анализирани су предности и ограничења сваког појединачног стандарда и вршена међусобна поређења како би се установиле препоруке приликом развоја новог модела. Будући да концепт паметног града подразумева интеграцију различитих сензора у јединствену целину, описани су концепти геосензорских мрежа и њихова интеграција у моделу паметног града. Дата је анализа IoT стандарда и функционисања пратећих протокола. Дата су основне напомене о инфраструктури геопросторних података са дефиницијом стандарда који ће бити коришћени приликом израде модела паметног града. На крају, дата је детаљна анализа постојећих решења паметног града у контексту Big data.

*Комисија сматра да су концепти паметног града јасно структурирани, класификовани и образложени са аспеката који су битни и значајни за развој и имплементацију модела у оквиру практичног дела дисертације.*

## **Поглавље 3 – Дефиниција и примјена концепта Big Data**

У оквиру наведене целине приказан је преглед постојећих технологија Big Data са акцентом на доступне у области дисертације. Дат је детаљан преглед досадашњих истраживања у примени концепта Big Data технологија у раду са просторно – временским подацима и паметним градовима. Дат је преглед постојећих библиотека и коришћених технологија у овом концепту. Посебан значај се огледа јер је на систематичан начин извршена анализа шта је до сада истраживано према сваком од постојећих 5V проблема са напоменама шта је до сада решено и која ограничења наведена истраживања имају као и технологије које препоручују. Као препоручена технологија изабрано је Apache Spark програмско окружење са Scala имплементацијом. У оквиру предложеног окружења и технологије у складу са предметом истраживања направљена је детаљна анализа постојећих модела за чување података и могућности рада са просторно – временским подацима, чиме се дошло до закључка да је неопходно дефинисати нови модел на овој технологији који би пружио могућност оптимизације и рада са просторно – временским серијама података.

*Комисија сматра да су дефиниција и примена концепта Big Data у општем смислу јасно и концизно приказане. Поред тога, закључује да је преглед постојећих Big Data технологија у концепту решавања 5V проблема детаљно анализирани, да су важни сегменти технологије образложени на прегледан и јасан начин и да је постављена адекватна основа за израду новог модела.*

## **Поглавље 4 - Архитектура GAMINESS система просторно – временских података**

На основу детаљне анализе тренутних достигнућа у области истраживања дисертације приказане у оквиру претходног поглавља где су на прегледан начин специфицира претходна истраживања и приказани актуелни модели у области развоја концепта паметног града. На основу извршене анализе, дефинисани су концепти развоја модела предложеног GAMINESS система. У оквиру овог поглавља представљен је концептуални модел GAMINESS система паметног града израђен на концепту модела CityGML стандарда. Дата су елементи проширења за параметре унутрашње оријентације како би се уважиле препоруке дефинисане IndoorGML стандардом. Такође, описан је концептуални модел изградње геосензорског модела са адаптацијом за употребу протокола

IoT стандарда. Ова проширења дају свеобухватнији модел који нуди решења у области свих 5V ограничења у концепту паметног града.

*Комисија констатује да је анализа текућих достигнућа у области истраживања обухватила све значајне и релевантне радове. Надаље, комисија сматра да су усвојени концепти развоја алгоритама за аутоматизовану обраду радарграма актуелни и адекватно одабрани за наведену област примене.*

#### **Поглавље 5 – Развој процесног и имплементационог модела GAMINESS система**

Најзначајнији допринос дисертације обухвата развој и имплементацију новог решења модела паметног града GAMINESS заснованог на Big data технологији у оквиру Apache Spark окружења имплементираном на Scala програмском језику. Развијен је модел трансформације у окружењу Apache Spark којим је конвертован модел у одговарајући dataframe. У сврху решавања проблема варијабилности развијени су посебни кориснички дефинисани типови података за геопросторне и просторно – временске компоненте система. Такође, развијен је јединствен тип податка који конвертује садржај поруке са сензора који се односи на мерења у систем који је разумљив у Apache Spark окружењу. Дефинисано је развојно окружење базирано на успостављеној кластер мрежи на којој је тестирано учитавање GAMINESS система, затим повезивање сензора и на крају стриминг података ка систему. То је приказано у верификацији модела на предложеном систему. У оквиру овог поглавља приказани су карактеристични резултати примене предложеног модела. Извршено је поређење добијених резултата у односу на стандардне релационе системе управљања базама података у поступку складиштења података посматрано кроз 5V параметре. Дата је анализа и образложење понуђеног решења у односу на досадашња истраживања у области Big data концепта паметног града према 5V.

*Комисија закључује да је предлог имплементације предложеног модела паметног града адекватан и успешан. Надаље се констатује да је коришћена технологија обезбедила боље перформансе система у односу на класичне релационе базе података над истим подацима. Понуђено решење је оправдало употребу и развој на принципима Big data технологија модела који ће управљати великим просторно – временским серијама података. Констатује се да су резултати приказани систематично и да су описани на јасан и детаљан начин. Дискусија је детаљно спроведена и обухватила је све релевантне елементе, уз анализу највероватнијих сценарија који егзистирају у реалном окружењу.*

#### **Поглавље 6 – Закључак**

Поглавље чине закључна разматрања проистекла на основу остварених резултата и спроведених анализа образложених у претходним целинама дисертације. Истакнут је научни допринос развијеног модела као и правци и смернице за будућа истраживања.

*Комисија сматра да су закључна разматрања правилно изведена, те да потврђују значај и допринос развијеног модела у оквиру дисертације.*

#### **Поглавље 7 – Литература**

У оквиру осмог поглавља приказан је списак литературе која је коришћена при изради докторске дисертације. По својој структури, литература обухвата радове публиковане у референтним научним часописима, саопштења са научних конференција, књиге и докторске дисертације из области истраживања.

*Комисија потврђује да је литература адекватно одабрана, правилно коришћена и да у потпуности одговара теми дисертације.*

#### **Поглавље 8 – Прилози**

Девето поглавље садржи прилоге који приказују структуре улазних података као и део функције за учитавање .json фајла.

На основу свега претходно наведеног, **Комисија позитивно оцењује све делове докторске дисертације и констатује да је наслов дисертације прецизно и јасно дефинисан и у потпуности сагласан са тематиком и садржајем истраживања.**

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

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду* који је повезан са садржајем докторске дисертације. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду уредника часописа о томе.

Кандидат је у досадашњим истраживачким активностима публиковао 7 научних радова, од којих 2 рада на *SCI* листи, и то: 1 рад из категорије M21 и 1 рад из категорије M22. Поред тога, кандидат је публиковао 4 рада из категорије M33 и 1 рад из категорије M53. Радови који су објављени, настали на основу резултата истраживања у оквиру ове дисертације су следећи:

### **M21 - Врхунски међународни часопис**

1. V. PAJIĆ, M. GOVEDARICA, AND M. AMOVIĆ, "MODEL OF POINT CLOUD DATA MANAGEMENT SYSTEM IN BIG DATA PARADIGM," *ISPRS INT J GEOINF*, VOL. 7, NO. 7, 2018, DOI: 10.3390/IJGI7070265.

### **M22 - Истакнути међународни часопис**

1. M. AMOVIĆ, M. GOVEDARICA, A. RADULOVIĆ, AND I. JANKOVIĆ, "BIG DATA IN SMART CITY: MANAGEMENT CHALLENGES," *APPLIED SCIENCES*, VOL. 11, NO. 10, 2021, DOI: 10.3390/APP11104557.

### **M33 - Саопштење са међународног скупа штампано у целини**

1. JANKOVIĆ, I., AMOVIĆ, M., HARMONISATION MODEL OF ADMINISTRATIVE UNITS OF THE REPUBLIC OF SRPSKA ACCORDING TO INSPIRE DIRECTIVE, СТЕПГРАД 2020, DOI: <https://doi.org/10.7251/STP2014422J>, ISSN 2566-4484, 2020, PP 422-433.
2. M. AMOVIĆ, V. PAJIĆ, M. GOVEDARIĆA, S. VASIJEVIĆ, ПРОСТОРНО-ВРЕМЕНСКИ ТИПОВИ ПОДАТАКА У BIG DATA ПАРАДИГМИ, 11TH INTERNATIONAL FORUM ON KNOWLEDGE ASSET DYNAMICS, DISTRIBUTION IFKAD 2016, DRESDEN, ПП. 466 - 479, ЈУН, 2016
3. M. AMOVIĆ, M. ЂУРИЋ, Д. ВАСИЋ, ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ГЕОПОРТАЛА КОМУНАЛНИХ УРЕЂАЈА У СКЛАДУ СА INSPIRE ДИРЕКТИВОМ, 2016. ВОДОВОД И КАНАЛЗАЦИЈА '16, ВРДНИК, ПП. 314 - 319, НОВЕМБАР, 2016
4. M. AMOVIĆ, M. GOVEDARIĆA, V. PAJIĆ, ПРИМЈЕНА LIDAR ПОДАТАКА У ИЗРАДИ МОДЕЛА ПРОСТОРА, САВРЕМЕНА ТЕОРИЈА И ПРАКСА У ГРАДИТЕЉСТВУ 2016., ПП. 353 - 361, ДЕЦЕМБАР, 2016

### **M53 - Национални часопис**

1. M. AMOVIĆ, M. GOVEDARIĆA, V. PAJIĆ, S. VASIJEVIĆ, ПРОСТОРНО - ВРЕМЕНСКИ ТИПОВИ И АНАЛИЗЕ ПОДАТАКА У BIG DATA ПАРАДИГМИ, АГГ+, ЧАСОПИС ЗА АРХИТЕКТУРУ, ГРАЂЕВИНАРСТВО, ГЕОДЕЗИЈУ И СРОДНЕ НАУЧНЕ ОБЛАСТИ, VOL. 03, NO. 1, ПП. 68 - 77, СЕПТЕМБАР, 2015.

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:**

У раду је дефинисан нови оквир за систем управљања паметним градом, који се заснива на принципима парадигме великих података. На концептуалном нивоу извршено је унапређење постојећег CityGML модела, који је у складу са верзијом CityGML 3.3. Постојећи модел је

проширен за IoT стандард у контексту паметног града. Систем управљања GAMINESS обезбеђује проширење основног модела LoD4 за параметре IndoorGML стандарда у контексту унутрашње навигације што се огледа кроз боље проналажење ћелија, хијерархијско представљање, дефиницију руте, анализу руте и анализу контекста. На основу дефинисаног концептуалног модела система управљања GAMINESS, имплементација система је урађена у Apache Spark платформи за велике податке. Један од главних доприноса овог система је дефинисан модел за трансформацију система у Apache Spark архитектуру. Направљена је библиотека са процедурама за трансформацију концептуалног модела, који је експортиран као JSON шема у адекватне DataFrame. Да би се то обезбедило, развијени су адекватни сложени кориснички дефинисани типови за читање геопросторних података. Ово је омогућило читање геопросторних података у оквиру GAMINESS. Систем управљања GAMINESS је заснован на mapreduce алгоритмима, који обезбеђују боље 5V параметре у односу на класичне РДМБС. На нивоу имплементације, у систему управљања GAMINESS, развијен је модел за читање класификованих података облака тачака у Apache Spark окружење. Овај модел је коришћен за читање и уписивање података облака тачака у геопросторне оквире података како би могли да рукују и формирају физичке моделе паметног града. Користећи сличан концепт у овом истраживању, развијен је метод за читање и структурирање података са различитих сензора на сензор DataFrame. Учитавање података скалабилно доводи до бољих перформанси.

Вредновање развијеног модела извршено је над низом реалних података и ситуација које су везане за концепт паметног града.

На основу спроведених анализа и добијених резултата изведена су следећа запажања:

- У потпуности су потврђене полазне хипотезе да нови модел управљања просторно-временским подацима у паметном граду, у контексту Big data парадигме, омогућава рјешавање 5V проблема приликом геопроцесуирања великих количина просторно-временских података и њихову ефикаснију аналитичку обраду.
- Увођењем просторно-временских типова података омогућен је стандардизован приступ у Big data парадигм
- Проширењем CityGML стандарда за модел IoT, омогућена је далеко већа ефикасност у превазилажењу проблема варијабилности
- Дефинисање нових кориснички дефинисаних типова података, омогућава превођење података из полуструктуриране форме у структурирану форму модела.
- Програмски оквир Apache Spark са наведеним проширењима даје боље перформансе по питању 5V ограничења у односу на стандардне релационе системе управљања базама података
- Предложени модел GAMINESS омогућава развој кориснички дефинисаних функција које пружају једноставнију манипулацију подацима који су структурирани у једном систему складиштења података

#### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Детаљним прегледом докторске дисертације, Комисија је утврдила да су резултати спроведених истраживања приказани и тумачени на прегледан, јасан и систематичан начин, у складу са дефинисаним предметом, циљем и полазним хипотезама научног истраживања. Сви закључци донесени на основу добијених резултата истраживања, недвосмислено потврђују полазне хипотезе научног истраживања.

Докторска дисертација проверена је у софтверском пакету за детекцију плагијаризма „iThenticate“, у Библиотеци Факултета техничких наука у Новом Саду. Анализом генерисаног извештаја о подударности текста дисертације са другим изворима, **Комисија је утврдила да је проценат подударности занемарљив и донела закључак да је докторска дисертација оригинално ауторско дело.**

Сагласно изнетим ставовима, **Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања спроведених у овој докторској дисертацији.**

#### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?

Увидом у документацију коју је кандидат приложио приликом пријаве теме, **комисија је утврдила да је докторска дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.**

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

**Комисија констатује да докторска дисертација садржи све битне елементе који се захтевају по Статуту Факултета техничких наука и Универзитета у Новом Саду, као и Закона о високом образовању**

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Развијени модел представља у потпуности ново решење паметног града у контексту управљања просторно – временским подацима. Оно што је посебно важно напоменути је да не постоји ниједно досадашње истраживање које је третирао модел за складиштење података паметног града са аспекта просторно – временских података у контексту Big Data посматран кроз свих 5V параметара. Такође, у оквиру овог истраживања је први пут на систематичан начин извршена анализа постојећих решења паметног града посматрана кроз свих 5V параметара.

У поступку верификације модела приказано је да је могуће развити систем мрежног кластера који адекватно учитава и процесира податке из различитих извора, те их преводи из полуструктуриране у структурирану форму базирано на mapreduce алгоритмима у програмском окружењу Apache Spark. У оквиру GAMINESS модела развијена је прва просторно – временска библиотека која је у потпуности дефинисана у окружењу Apache Spark.

4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?

**У финалној верзији докторске дисертације нису уочени недостаци који би утицали на резултате истраживања.**

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу наведеног, комисија предлаже:
<b>а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана;</b> б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени); в) да се докторска дисертација одбије.

Место и датум: Нови Сад, 15.03.2023

1. Драган Стојановић, редовни професор  
\_\_\_\_\_, председник

2. Гордана Јаковљевић, доцент  
\_\_\_\_\_, члан

3. Дубравка Сладић, ванредни професор  
\_\_\_\_\_, члан

4. Александра, Радуловић, ванредни професор  
\_\_\_\_\_, члан

5. Миро, Говедарица, редовни професор  
\_\_\_\_\_, ментор

**НАПОМЕНА:** Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.