

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију</p> <p>Декан, решењем број 012-199/22-2020 од 05. 11. 2020. на предлог Наставно-научног већа Факултета техничких наука, Универзитета у Новом Саду.</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <p>1. др Владимир Булатовић, ванредни професор – председник, УНО: Геодезија, 17. 11. 2016., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад.</p> <p>2. др Срђан Колаковић, редовни професор – члан, УНО: Хидротехника, 03. 07. 2003., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад.</p> <p>3. др Иван Алексић, редовни професор – члан, УНО: Премер и уређење земљишне територије, 27. 06. 2012., Универзитет у Београду, Грађевински факултет, Београд.</p> <p>4. др Зоран Сушић, ванредни професор – ментор, УНО: Геодезија, 01. 10. 2019., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад.</p> <p>5. др Жељко Кановић, ванредни професор – ментор, УНО: Аутоматика и управљање системима, 20. 06. 2018., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад.</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме:</p> <p>Мехмед, Бајрам, Батиловић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p>21. 02. 1992., Тутин, Република Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив</p> <p>Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Геодезија и геоматика, Мастер инжењер геодезије</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија</p> <p>2015. године, Геодезија и геоматика</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:</p> <p>-</p>
<p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:</p> <p>-</p>

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Робусна оцена деформација у слободним геодетским мрежама применом еволутивних оптимизационих алгоритама

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација кандидата Мехмеда Батиловића, под насловом „**Робусна оцена деформација у слободним геодетским мрежама применом еволутивних оптимизационих алгоритама**”, написана је на 214 страна и структурирана у осам поглавља. Дисертација садржи 92 референце, 42 табеле, 98 слика и 9 прилога. На самом почетку дисертације, пре оригиналног текста, приказан је наслов докторске дисертације, кључна документацијска информација на српском и енглеском језику, резиме рада на српском и енглеском језику, захвалница, садржај рада, списак табела, списак слика и списак скраћеница.

Докторска дисертација структурирана је кроз следећих осам поглавља:

1. Увод (од 1. до 6. стране);
2. Математички модел изравнања (од 7. до 24. стране);
3. Робусна деформациона анализа (од 25. до 44. стране);
4. Еволутивни оптимизациони алгоритми (од 45. до 66. стране);
5. Експериментална истраживања (од 67. до 130. стране);
6. Закључак (од 131. до 133. стране);
7. Литература (од 134. до 140. стране);
8. Прилози (од 141. до 214. стране).

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Прво поглавље – Увод

У првом делу уводног поглавља представљена је основна подела геодетске деформационе анализе на конвенционалну деформациону анализу и робусну деформациону анализу, након чега је извршена подела и кратак преглед метода робусне деформационе анализе. У оквиру другог дела овог поглавља детаљно је образложен проблем који се јавља у поступку робусне оцене вектора померања код робусних метода базираних на М-оценама, на основу чега је дефинисан предмет и циљ, као и полазне хипотезе научног истраживања. У завршном делу поглавља укратко је описана структура докторске дисертације.

Друго поглавље – Математички модел изравнања

У оквиру другог поглавља приказан је математички модел изравнања слободних геодетских мрежа. У првом делу поглавља представљен је Гаус-Марковљев модел посредног изравнања и проблематика дефинисања датума геодетских мрежа, у оквиру које су темељно образложени неки од најпознатијих начина дефинисања датума геодетских мрежа. Други део овог поглавља посвећен је анализи осетљивости геодетских мрежа и методама идентификације грубих грешака у опажањима. У овом делу такође је представљен нови приступ идентификацији грубих грешака, који подразумева коришћење оригиналних опажања, односно опажања из свих понављања, у поступку детекције грубих грешака. Осим тога, детаљно су објашњене две најпознатије конвенционалне методе идентификације грубих грешака, као и уопштени поступак робусног изравнања на којем су засноване робусне методе идентификације грубих грешака у опажањима.

Треће поглавље – Робусна деформациона анализа

У трећем поглављу приказан је уопштени поступак робусне оцене деформација из разлика координата на којем су базиране класичне робусне методе деформационе анализе, као и алге-

рнативна метода позната под називом уопштена робусна оцена деформација из разлика опажања (енгл. *Generalised robust estimation of deformation from observation differences – GREDOD*). Детаљно су образложени деформациони модели код класичних робусних метода и *GREDOD* методе, као и поступци робусне оцене вектора померања и анализе стабилности тачака мреже. У овом поглављу представљена је и најпознатија класична робусна метода позната под називом итеративна тежинска трансформација сличности (енгл. *Iterative weighted similarity transformation – IWST*) и неколико њених најпознатијих модификација, које су базиране на увођењу другачијих оптимизационих услова робусне оцене вектора померања. У завршном делу овог поглавља детаљно је објашњен поступак испитивања ефикасности метода деформационе анализе базиран на Монте Карло симулацијама.

Четврто поглавље – Еволутивни оптимизациони алгоритми

Четврто поглавље посвећено је еволутивним оптимизационим алгоритмима и њиховој примени у робусној деформационој анализи. У оквиру уводног дела овог поглавља укратко је описан поступак моделовања проблема у оптимизацији, подела оптимизационих проблема на локалне и глобалне, као и основне карактеристике детерминистичких и стохастичких оптимизационих алгоритама. У наставку поглавља приказан је генетски алгоритам (енгл. *Genetic algorithm – GA*) који се сматра најпознатијим представником групе еволутивних оптимизационих алгоритама. Детаљно су објашњени основни генетски оператори, селекција, крмштење и мутација, помоћу којих се врши претрага простора решења код овог алгорита. Након генетског алгорита, представљен је алгоритам оптимизације ројем честица (енгл. *Particle swarm optimisation – PSO*), чији је настанак инспирисан социјалним понашањем животиња које се крећу у јатима, као и уопштени алгоритам оптимизације ројем честица (енгл. *Generalised particle swarm optimisation – GPSO*), који представља модификацију оригиналног *PSO* алгорита базирану на основним поставкама теорије управљања линеарним системима. У крајњем делу поглавља приказан је поступак примене *GA* и *GPSO* алгорита у робусној оцени вектора померања код *IWST* и *GREDOD* методе.

Пето поглавље – Експериментална истраживања

У оквиру петог поглавља извршена је експериментална анализа предложених модификација *IWST* и *GREDOD* методе, базираних на примени *GA* и *GPSO* алгорита у поступку робусне оцене вектора померања. Експериментална анализа реализована је кроз четири различита експеримента. У првом експерименту анализирана је могућност примене ових алгоритама, у робусној оцени вектора померања, на добро познатом примеру геодетске мреже бране *Montsalvens* у Швајцарској. У наредна три експеримента спроведена је веома темељна анализа ефикасности примене *GA* и *GPSO* алгорита помоћу Монте Карло симулација на три различита модела геодетских мрежа. У завршном делу поглавља извршена је анализа и дискусија резултата ових експеримената, на основу чега су изведени закључци о понашању ефикасности *IWST* и *GREDOD* методе у случају примене *GA* и *GPSO* алгорита, али и у случају примене итеративне методе најмањих квадрата (енгл. *Iterative reweighted least squares – IRLS*) која се традиционално примењује у поступку робусне оцене вектора померања код ових метода.

Шесто поглавље – Закључак

У шестом поглављу дата су закључна разматрања која се односе на предложене модификације *IWST* и *GREDOD* методе, као и смернице за будућа истраживања. Истакнут је научни допринос предложених модификација теорији робусне деформационе анализе геодетских мрежа.

Седмо поглавље – Литература

У оквиру седмог поглавља приказан је списак литературе која коришћена при изради докторске дисертације. По својој структури, литература обухвата чланке публиковане у референтним научним часописима, саопштења са научних конференција, књиге и докторске дисертације из области геодетске деформационе анализе, теорије изравњања геодетских мрежа, робусне статистике и глобалних оптимизационих метода.

Осмо поглавље – Прилози

У осмом поглављу дати су нумерички и графички прилози у оквиру којих су приказани неки од резултата експерименталних истраживања.

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 часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01.јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

Рад у врхунском међународном научном часопису (M21)

1. Marković M., Bajić J., **Batilović M.**, Sušić Z., Joža A., Stojanović G.: Comparative Analysis of Deformation Determination by Applying Fiber-optic 2D Deflection Sensors and Geodetic Measurements, Sensors, 2019, Vol. 19, No 4, ISSN 1424-8220

Рад у истакнутом међународном научном часопису (M22)

1. **Batilović M.**, Sušić Z., Kanović Ž., Marković M., Vasić D., Bulatović V.: Increasing efficiency of the robust deformation analysis methods using genetic algorithm and generalised particle swarm optimisation, Survey Review, 2020, ISSN 0039-6265

Рад у међународном научном часопису (M23)

1. **Batilović M.**, Sušić Z., Marković M., Petković M., Nikolić G., Ninkov T.: The efficiency of different outlier detection approaches in geodetic networks: case study for Pobednik statue, Geodetski Vestnik, 2018, Vol. 62, No 2, pp. 293-305, ISSN 0351-0271
2. Sušić Z., **Batilović M.**, Ninkov T., Bulatović V., Aleksić I., Nikolić G.: Geometric deformation analysis in free geodetic networks: case study for Fruška Gora in Serbia, Acta Geodynamica et Geomaterialia, 2017, Vol. 14, No 3, pp. 341-355, ISSN 2336-4351
3. Sušić Z., **Batilović M.**, Ninkov T., Aleksić I., Bulatović V.: Identification of Movements using Different Geodetic Methods of Deformation Analysis, Geodetski Vestnik, 2015, Vol. 59, No 3, pp. 537-553, ISSN 0351-0271

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Крајњи резултат истраживања спроведених у оквиру докторске дисертације јесу оригиналне модификације две робусне методе деформационе анализе, *IWST* и *GREDDOD* методе, базиране на примени еволутивних оптимизационих алгоритама у поступку робусне оцене вектора померања. У поступку робусне оцене вектора померања код ових метода традиционално се примењује *IRLS* метода, која полази од једног почетног решења добијеног методом најмањих квадрата и итеративно га побољшава током оптимизационог процеса. У оквиру овог поступка одређују се оптималне вредности тежина тачака мреже које учествују у дефиницији датума, односно оптимално датумско решење вектора померања. Будући да се применом *IRLS* методе не може одредити глобално оптимално датумско решење вектора померања уколико у скупу датумских тачака мреже фигуришу померене тачке, предложена је примена два еволутивна оптимизациона алгорита, *GA* и *GPSO* алгорита, у робусној оцени вектора померања. Ови алгоритми претражују простор решења на контролисано случајан начин, што им условно речено омогућава да „искоче” из локалног оптимума у циљу проналажења глобално посматрано оптималног датумског решења вектора померања.

У циљу испитивања могућности и ефикасности предложених модификација *IWST* и *GREDDOD* методе спроведена је опсежна експериментална анализа, којом су обухваћена четири експеримента. У првом експерименту анализирана је могућност примене *GA* и *GPSO* алгоритма, у поступку робусне оцене вектора померања, на једном сету симулираних опажања у дводимензионалној геодетској мрежи бране *Montsalvens*. Добијени резултати недвосмислено су потврдили могућност примене ових алгоритма у поступку робусне оцене вектора померања. Штавише, у случају примене *GA* и *GPSO* алгоритма добијени су нешто бољи резултати него у случају примене *IRLS* методе, код обе методе деформационе анализе. Међутим, опште је познато да закључци о ефикасности метода деформационе анализе не могу бити изведени на основу анализе која је спроведена на самој једном сету симулираних опажања, јер се у том случају анализа односи на само један модел геодетске мреже, један од мноштва могућих сценарија померања и деформација у геодетској мрежи и један сет случајних грешака мерења. У том контексту, у наредна три експеримента спроведена је веома темељна анализа ефикасности примене *IRLS* методе, *GA* и *GPSO* алгоритма, на примеру једнодимензионалне, дводимензионалне и тродимензионалне геодетске мреже, помоћу Монте Карло симулација применом средње стопе успеха (енгл. *Mean success rate – MSR*). На основу резултата истраживања спроведених у овим експериментима изведени су неки уопштени закључци о понашању ефикасности *IWST* и *GREDDOD* методе у случају примене *IRLS* методе, *GA* и *GPSO* алгоритма, из којих је проистекао један глобални закључак. Ефикасност *IWST* и *GREDDOD* метода значајно је побољшана применом *GA* и *GPSO* алгоритма у поступку робусне оцене вектора померања. У наставку су наведени опсежи у којима се крећу вредности побољшања ефикасности *IWST* и *GREDDOD* методе, добијене применом *GA* и *GPSO* алгоритма, у другом, трећем и четвртном експерименту.

У другом експерименту вредности побољшања укупне ефикасности *IWST* методе крећу се у опсегу од 31.59 до 32.82% код генетског алгоритма, а код *GPSO* алгоритма у опсегу од 31.43 до 32.61%. У случају *GREDDOD* методе поменуте вредности побољшања крећу се у нешто другачијим границама, и то од 31.77 до 34.67% код генетског алгоритма и од 31.55 до 34.50% код *GPSO* алгоритма. Вредности побољшања укупне ефикасности добијене применом генетског алгоритма у трећем експерименту крећу се у опсегу од 19.41 до 33.83% у случају *IWST* методе и од 20.29 до 33.39% у случају *GREDDOD* методе, док се вредности побољшања добијене применом *GPSO* алгоритма крећу у границама од 18.45 до 33.63% у случају *IWST* методе и од 19.34 до 32.99% у случају *GREDDOD* методе. У четвртном експерименту вредности побољшања ефикасности *IWST* иду у распону од 18.46 до 31.73% код генетског алгоритма и од 17.85 до 31.46% код *GPSO* алгоритма. Код *GREDDOD* методе вредности побољшања иду у распону од 18.24 до 31.66% у случају генетског алгоритма и од 17.76 до 31.46% у случају *GPSO* алгоритма. Наведене вредности побољшања представљају релативна повећања ефикасности ових метода у односу на ефикасност остварену у случају примене *IRLS* методе.

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 експерименталних истраживања приказани и тумачени на прегледан и систематичан начин, у складу са дефинисаним предметом, циљем и полазним хипотезама научног истраживања. Изведени закључци, који произилазе из добијених резултата експерименталних истраживања, недвосмислено потврђују полазне хипотезе научног истраживања.

Докторска дисертација проверена је у софтверском пакету за детекцију плагијаризма *iThenticate*, у Библиотеци Факултета техничких наука. 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 ДОКТОРСKE 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

На основу увида 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.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Предложене модификације *IWST* и *GREDDOD* методе, базиране на примени *GA* и *GPSO* алгорита у робусној оцени вектора померања, представљају оригиналан научни допринос теорији робусне деформационе анализе геодетских мрежа. Увођењем ових модификација у значајној мери побољшана је робусност *IWST* и *GREDDOD* методе на постојање померених тачака у референтној мрежи, односно у скупу датумских тачака мреже, а самим тим и ефикасност идентификације померених тачака на објекту, што потврђују резултати спроведених експерименталних истраживања.

Научни допринос предложене модификације *IWST* методе верификован је објављивањем рада у истакнутом међународном научном часопису.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Комисија није уочила недостатке у финалној верзији докторске дисертације који би утицали на резултате истраживања.

X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације:
Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију кандидата Мехмеда Батиловића, под насловом
„Робусна оцена деформација у слободним геодетским мрежама применом еволутивних оптимизационих алгоритама”,
и предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука и Сенату Универзитета у Новом Саду да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Председник комисије:
др Владимир Булатовић, ванредни професор,
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду

Члан комисије:
др Срђан Колаковић, редовни професор,
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду

Члан комисије:
др Иван Алексић, редовни професор,
Грађевински факултет, Универзитет у Београду

Ментор:
др Зоран Сушић, ванредни професор,
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду

Ментор:
др Жељко Кановић, ванредни професор,
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду

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.