

**НАУЧНО НАСТАВНОМ ВЕЋУ
ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Одлуком Научно-наставног већа Грађевинског факултета у Београду број:520/8-13 од 08.07.2016. године, одређени смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације мр Јована Поповића, дипломираног инжењера геодезије, под насловом:

**„ПОТПУНИ МЕТОД НАЈМАЊИХ КВАДРАТА У ФУНКЦИЈИ РЕШАВАЊА
ГЕОДЕТСКИХ ПРОБЛЕМА“**

Комисија у саставу:

1. Проф. др Иван Р. Алексић, дипл. инж. геод., Универзитет у Београду, Грађевински факултет;
2. Проф. др Бранко С. Божић, дипл. инж. геод., Универзитет у Београду, Грађевински факултет;
3. Доц. др Александра Ерић, дипл. мат., Универзитет у Београду, Грађевински факултет;
4. Проф. др Тоша Нинков, дипл. инж. геод., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука;

после прегледа поднете дисертације подноси Научно-наставном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

На седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета од 08.01.2014. године одређена је Комисија за пријем теме докторске дисертације, одлуком број: 520/2-13, од 08.01.2014. године. Комисија је поднела извештај, који је прихваћен на седници Наставно-научног већа одржаној 07.02.2014. године, одлука број: 520/4-13, од 07.02.2014. године. На основу сагласности Већа научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду од 04.03.2014. године, одлука број: 61206-751/2-14, одобрен је рад на докторској дисертацији.

Кандидат мр Јован Поповић, дипл. инж. геод. предао је урађену докторску дисертацију Студентској служби Грађевинског факултета 11.07.2016. године.

Тема докторске дисертације припада научној области геодезије, односно ужим научним областима:

- премер и уређење земљишне територије и
- моделирање и менаџмент у геодезији

за које је матичан Грађевински факултет, Универзитета у Београду.

2. БИОГРАФИЈА

Јован, Милорад, Поповић рођен је у Брдарици, општина Коцељева. Завршио је основну школу 1977. године у Драгињу, а средњу Геодетско-техничку школу у Београду 1981. године. Школску годину 1981./82. провео је на одслужењу војног рока.

Дипломирао је 1988. године на Одсеку за геодезију, Грађевинског факултета у Београду са просечном оценом 8.50. Дипломски рад под насловом "Нивелманске мреже Београда као основа за основни оперативни полигон аутопута "Братство и јединство" око Београда" одбранио је са оценом 10, чиме је стекао звање дипломирани инжењер геодезије.

Последипломске студије на Грађевинском факултету Универзитета у Београду, смер Премамер и уређење земљишне територије, уписао је 1988. године и прописане испите положио са просечном оценом 9.33. Магистарски рад под називом "Примена Активне геодетске референтне основе Србије у премеру непокретности" одбранио је 2010. године, чиме је стекао звање магистра техничких наука.

Од Јуна 1988. године запослен је на Институту за геодезију, Грађевинског факултета, Универзитета у Београду. Првих шест месеци рада провео је на раду у Ираку, на Пројекту 1103 Нуманија.

У периоду 1988-96 радио је у звању асистента-приправника на предметима Геодезија 1, 2, 3 и 4, на Одсеку за геодезију, Грађевинског факултета, Универзитета у Београду. По истеку изборног периода радио је на Институту за геодезију у звању инжењера сарадника а у периоду од 2006.-2010. године обављао је дужност техничког руководиоца Лабораторије за картографију.

Дана 14.05.2010. године изабран је у звање асистента на Одсеку за геодезију и геоинформатику, ужа научна област Премамер и уређење земљишне територије. У настави, ангажован је на извођењу вежбања из предмета Геодетски премер 1, 2 и 3, Технике геодетских мерења, Оптимизација у геодетском премеру и Практична настава из геодетског премера.

Коаутор је (са проф. др Иваном Алексићем дипл. геод. инж. и в. проф. др Јеленом Гучевић дипл. геод. инж.) збирке решених задатака која обухвата наставну материју из предмета Технике геодетских мерења као и Геодетски премер 1, 2 и 3.

Заједно са проф. др Иваном Алексићем дипл. геод. инж. и мр Николом Перином дипл. мат., коаутор је програмског система за анализу дизајна, оптимизацију плана мерења као и анализу и изравнање резултата мерења у геодетским мрежама који је низ година заступљен у геодетској пракси геодетских организација у Србији и Републици Српској (Босни и Херцеговини).

Објављени радови, научна активност као и област интересовања, усмерени су на проблеме прикупљања, обраде и анализе података мерења и примене савремених технологија у геодетском премеру. У свакодневном раду користи комерцијалне програме и рутине сопствене израде везане за геодетску проблематику.

Учествовао је у три научно-истраживачка пројекта реализована у сарадњи са Министарством за науку и технолошки развој и Републичким геодетским заводом Републике Србије.

Објавио је 5 научних радова у периодичним публикацијама и 13 радова у зборницима са домаћих и међународних научних скупова.

Чита, пише и говори енглески језик.

3. ТЕХНИЧКИ ОПИС ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација мр Јована Поповића дипл.инж. геод. под насловом „Потпуни метод најмањих квадрата у функцији решавања геодетских проблема“ садржи укупно 91 страну, од којих основни текст има 79 страна. У оквиру докторске дисертације приказано је 5 слика, 8 табела као и 244 нумерисана израза. На крају дисертације дат је попис цитиране литературе који садржи 61 библиографски наслов, углавном актуелних иностраних извора. Докторска дисертација је у потпуности обликована у складу са упутством Сената Универзитета у Београду од 14.12.2012. године (Упутство за формирање репозиторијума докторских дисертација) и посебним упутствима за обликовање штампане и електронске верзије дисертације, формирање образаца изјава и ауторских лиценци.

Дисертација садржи укупно 6 поглавља са следећим насловима:

- Увод
- Конвенционални модели у геодезији
- Модели са неконстантном матрицом дизајна и класични потпуни метод најмањих квадрата

- Тежински модели потпуног метода најмањих квадрата
- Нумерички примери примене TLS у решавању геодетских проблема
- Закључци и препоруке.

Поред главних поглавља, дисертација још садржи прилоге у којима су приказани списак коришћене литературе као и списак скраћеница, слика и табела.

У првом поглављу дефинисани су кључни појмови коришћени у дисертацији. Дата је дефиниција математичког модела и описани различити приступи у поступку оцене параметара математичких модела у решавању геодетских проблема. На једноставном примеру регресионе праве илустрована је разлика између модела са константном матрицом дизајна и модела са грешкама у променљивим величинама (Errors In Variables models) као и разлике између решења применом “обичног” метода најмањих квадрата (LS) и потпуног метода најмањих квадрата (TLS). Поред тога представљени су предмет и циљеви истраживања, кроз кључна питања на које дисертација даје одговор. Представљена је структура дисертације и њена организација по поглављима.

У другом поглављу описани су традиционални облици математичких модела примењених у решавању геодетских задатака. Детаљно су описани Gauss-Markov-љев модел као и Gauss-Helmert-ов модел, како без тако и са условима. Поред тога описан је итеративни поступак за решавање нелинеарних математичких модела, применом Gauss-Helmert-овог поступка, као и упутства за његово правилно спровођење. Представљени су, такође изрази за оцену тачности и поузданости, за све математичке моделе обухваћене у овом поглављу.

У трећем поглављу дате су дефиниције решења преодређених система линеарних једначина по методу најмањих квадрата (Least Squares, LS), односно под претпоставком константности матрице система (матрице модела) и неконстантности вектора резултата мерења као и решења истог тог система по потпуном методу најмањих квадрата (Total Least Squares, TLS), односно под претпоставком неконстантности како вектора резултата мерења, тако и матрице система (матрице модела). Описана су решења применом потпуног метода најмањих квадрата (TLS) на основу декомпозиције проширене матрице модела на сингуларне вредности (Singular Value Decomposition, SVD) као и на основу Euler-Lagrange-овог поступка. Приказани су такође специфични облици TLS модела, односно мешовити LS-TLS модел (модел са фиксним колонама), структурирани TLS модел (STLS), уопштени (генерализовани) TLS модел (GTLS) као и TLS модел са условима.

Четврто поглавље бави се случајем када чланови проширене матрице модела, осим што су неконстантни, нису међусобно независни и не следе исти закон расподеле коваријанси, односно тежинским TLS моделима (Weighted TLS, WTLS). Дата је дефиниција као и различити облици решења тежинског TLS модела. Поред једног решења заснованог на декомпозицији проширене матрице модела на сингуларне

вредности (SVD), представљена су четири итеративна алгоритма заснована на Euler-Lagrange-овом поступку, за случај пуне коваријационе матрице за чланове матрице модела и вектор резултата мерења али одсуства међусобне корелације између чланова матрице модела и вектора резултата мерења. Представљено је, такође, решење које подразумева пуну коваријациону матрицу проширене матрице модела (укључијући коваријацију између чланова матрице модела и вектора резултата мерења) као и WTLS решење са условима између параметара модела.

У петом поглављу су описана комплетна нумеричка истраживања, сагласно описаним теоријским поставкама у претходним поглављима. На три карактеристична примера, анализирани су ефекти примене потпуног метода најмањих квадрата (TLS) у поређењу са класичним односно традиционалним (LS) приступом. Обрађени су примери моделовања скупа тачака чије су дводимензионалне позиције одређене терестричким геодетским техникама правом линијом, дводимензионалне емпиријске (датумске) трансформације координата тачака као и моделовање скупа чије су позиције одређене терестричким ласерским скенирањем са површи другог реда (цилиндра). Сви прорачуни урађени су на реалним примерима из геодетске праксе.

У шестом поглављу изнета су закључна разматрања и препоруке за правце даљих истраживања у овој области.

4. АНАЛИЗА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Предмет научног истраживања ове дисертације су ефекти примене потпуног метода најмањих квадрата (TLS) у решавању различитих геодетских задатака, при чему је посебна пажња посвећена оцени тачности како параметара модела оцењених применом TLS тако и оцена вредности мерених величина.

Сагласно предмету истраживања, главни циљ истраживања је да се да одговор на питање у којим геодетским задацима примена потпуног метода најмањих квадрата може побољшати квалитет моделирања и на који начин је треба применити. Други циљ је да се упореди примена потпуног метода најмањих квадрата са традиционалним поступцима примене метода најмањих квадрата и да одговор на питање у којим случајевима су присутна побољшања како квалитета моделирања тако и нумеричких перформанси решења.

Дисертација на јасан начин предлаже методологију за примену потпуног метода најмањих квадрата, како у класичном облику (случају једнаких тежина) тако и у специфичним облицима (мешовитим, структурираном и генерализованом), као и у тежинском случају уз присуство или одсуство услова.

Дисертација у прва два поглавља обухвата дефиницију проблема моделирања система односно појава реалних геодетских проблема као и опис досадашњих начина

њиховог решавања. Дат је детаљан приказ традиционалних поступака моделирања геодетских проблема и јасно је представљена разлика између традиционалног (LS) и потпуног метода најмањих квадрата (TLS).

У трећем и четвртом поглављу систематично су представљени модели са грешкама у променљивим (EIV models) и начини њиховог решавања применом потпуног метода најмањих квадрата. Треба напоменути да је разматрана проблематика веома актуелна и да су истраживања у овој области још увек веома интензивна, тако да је велики број коришћених библиографских наслова датиран у последњих неколико година. Поред детаљног описа методологије примене потпуног метода најмањих квадрата на различите типове EIV модела, систематизованог на основу релевантне научне литературе, изведене су и формуле за оцену тачности, односно кофакторских матрица за оцене параметара модела, чланове матрице модела као и вектора оцена мерених величина. Изведене формуле нису до сада биле заступљене у литератури која третира ову проблематику.

Пето поглавље представља кључни део ове дисертације. У оквиру овог поглавља, на три нумеричка примера, представљена је примена потпуног метода најмањих квадрата у циљу решавања неких карактеристичних геодетских проблема. Показано је да се, у случајевима једнаких тежина, Gauss-Markov-љев модел може применити подједнако успешно као и потпуни метод најмањих квадрата (WLS), односно Gauss-Helmert-ов итеративни поступак, где год природа проблема то допушта. Разлике се јављају увођењем коваријационе матрице за све резултате мерења као и евентуалне коваријационе матрице познатих параметара модела (WTLS), где се применом потпуног метода најмањих квадрата добијају објективније оцене параметара модела. Наравно, постоје проблеми, као што је трећи нумерички пример у овој докторској дисертацији на које је Gauss-Markov-љев модел неприменљив. За овај, као и за остале нумеричке примере, показана је потпуна сагласност решења добијеног одговарајућим TLS приступом и Gauss-Helmert-овог итеративног приступа, описаног у Поглављу 2, и већ дуги низ година заступљеног у решавању геодетских задатака. Према томе, закључено је да се Gauss-Helmert-ов итеративни поступак може, такође, сматрати једним од решења за оцену параметара у EIV моделима. Показана је, на нумеричким примерима, потпуна сагласност резултата рачунања кофакторских матрица оцена параметара модела, поправака чланова матрице модела и поправака резултата мерења, на основу формула предложених у овом ову докторске дисертација, са кореспондентним резултатима који следе из Gauss-Helmert-овог итеративног поступка. Избор између ова два решења углавном се односи на процену нумеричке ефикасности која, за различите геодетске задатке, може дати предност једном или другом решењу.

5. ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ И СПОСОБНОСТИ КАНДИДАТА ЗА САМОСТАЛНИ НАУЧНИ РАД

Докторска дисертација мр Јована Поповића дипл. инж. геод. под насловом „Потпуни метод најмањих квадрата у функцији решавања геодетских проблема“ представља актуелан научни допринос у области моделирања геодетских проблема. Резултати и предложена методологија могу дати значајан допринос у поступку оцене параметара модела геодетских задатака као и оцене тачности параметара модела и оцена вредности мерених величина. Анализом резултата презентованих истраживања, може се закључити да предметна дисертација представља резултат зрелог и посвећеног истраживачког рада, заснованог на теоријској и експерименталној основи и признатим научним методама. Добијене резултате и закључке изведене у оквиру дисертације из тог разлога треба прихватити као потпуно валидне.

Основни научни резултати који су релевантни за оцену квалитета дисертације односе се на чињеницу да је кандидат систематично сагледао и анализирао различите аспекте математичког моделирања геодетских проблема, посебно у моделима са грешкама у променљивим (Errors In Variables models, EIV), односно у моделима са неконстантном матрицом модела и показао у којим се околностима примени потпуног метода најмањих квадрата може дати предност у односу на традиционално примењиване технике, при чему је посебна пажња посвећена оцени тачности добијених резултата. Тим пре, значај овог рада је и у томе што се у пракси често занемарује чињеница да коефицијенти матрице дизајна при оценама параметара у моделима изравнања геодетских мрежа нису константни, те да је сасвим упутно убудуће ту чињеницу и уважавати. У дисертацији се јасно указује на значај ове апроксимације и даје решење проблема кроз примену адекватних структурираних ТЛС модела. Проширењем матрице дизајна вектором мерења и ортогоналном трансформацијом вектора мерења на нулти простор проширене матрице дизајна уз задовољавање услова минимизације норме доводи до строжијег решења које минимизира задату функцију.

Све напред наведено, укупно посматрано, представља оригиналне и вредне научне и практичне доприносе у области која је истраживана, а студиозни приступ проблему, аналитичка обрада постојеће литературе, спроведене анализе и изведени закључци несумњиво сведоче о способности кандидата за самостални научно-истраживачки рад.

6. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У својој докторској дисертацији, мр Јован Поповић, дипл. инж. геод. дао је вредан научни допринос у области моделирања геодетских проблема које је изузетно актуелно не само за премер и уређење земљишне територије већ и за друге научне дисциплине у којима је заступљена оцена параметара математичких модела на основу

результата мерења. Закључци изведени из теоријских разматрања и резултата нумеричких примера, уз коришћење података реалних геодетских мерења, омогућавају јасније сагледавање процеса оцене параметара у геодетским моделима уз проширење броја могућих решења у односу на досадашњу праксу. Посматрано у целини, кроз дисертацију су остварени поуздани и научно засновани резултати.

На основу претходно изложеног, може се констатовати да докторска дисертација „Потпуни метод најмањих квадрата у функцији решавања геодетских проблема“ кандидата мр Јована Поповића, дипл. инж. геод. представља оригинални и вредан научни допринос у областима премера и уређења земљишне територије и моделирања и менаџмента у геодезији и да има све неопходне елементе докторске дисертације. Из наведених разлога Комисија предлаже Научно-наставном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да прихвати овај извештај и упути захтев већу матичне научне области за давање сагласности за њену јавну одбрану.

Београд, 28.07.2016. год.

Чланови комисије:

Проф. др Иван Р. Алексић, дипл. инж. геод.,
(Универзитет у Београду, Грађевински факултет)

Проф. др Бранко С. Божић, дипл. инж. геод.,
(Универзитет у Београду, Грађевински факултет)

Доц. др Александра Ерић, дипл. мат.,
(Универзитет у Београду, Грађевински факултет)

Проф. др Тоша Нинков, дипл. инж. геод.,
(Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука)