

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Марка Ђогатовића, дипл. инж.

Одлуком бр. 391/4 од 26.04.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Марка Ђогатовића, дипл. инж. под насловом

**АЛГОРИТМИ ЕСТИМАЦИЈЕ СТАЊА СИГНАЛА
ГЛОБАЛНИХ НАВИГАЦИОНИХ САТЕЛИТСКИХ СИСТЕМА**

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде докторске дисертације

- 04.05.2011. На Саобраћајном факултету Универзитета у Београду, кандидат мр Марко Ђогатовић, дипл. инж., одбранио је магистарски рад под називом „Компаративна анализа алгоритама естимације GPS сигнала“ и тиме стекао академски назив магистар техничких наука.
- 17.01.2014. Кандидат мр Марко Ђогатовић, дипл.инж., поднео је пријаву и предлог теме докторске дисертације Наставно-научном већу Саобраћајног факултета (број 38/1), уз захтев да се спроведе поступак за оцену подобности кандидата и предложене теме и за ментора предложио др Мирјану Стојановић, ванредног професора Саобраћајног факултета Универзитета у Београду.
- 19.02.2014. На седници Наставно-научног већа Саобраћајног факултета донета је одлука (број 38/4) о формирању Комисије за оцену подобности кандидата и теме за израду докторске дисертације кандидата мр Марка Ђогатовића, дипл. инж., у саставу:
1. Ментор, др Мирјана Стојановић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет
 2. Др Милорад Станојевић, редовни професор, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет
 3. Др Срђан Станковић, професор емеритус, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет
 4. Др Ненад Младеновић, научни саветник, Математички институт Српске академије наука и уметности
 5. Др Божидар Раденковић, редовни професор, Универзитет у Београду, Факултет организационих наука.
- 21.03.2014. Комисија за оцену подобности кандидата и теме докторске дисертације

је поднела извештај (број 38/5) и предложила Наставно-научном већу Саобраћајног факултета да прихвати и одобри израду докторске дисертације.

- 26.03.2014. На седници Наставно-научног већа Саобраћајног факултета позитивно је оцењена научна заснованост и подобност кандидата и прихваћена је предложена тема за израду докторске дисертације (одлука број 38/6).
- 20.04.2014. На захтев Саобраћајног факултета, Веће научних области техничких наука, на својој седници, донело је одлуку (број 61206-1783/2014) о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације кандидата мр Марка Ђогатовића.
- 20.04.2016. Кандидат мр Марко Ђогатовић, дипл. инж., предао је неукоричене примерке завршене докторске дисертације и поднео захтев Наставно-научном већу Саобраћајног факултета да отпочне поступак за оцену и одбрану докторске дисертације (број 391/1).
- 26.04.2016. На седници Наставно-научног већа Саобраћајног факултета донета је одлука (број 391/4) о формирању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације, у саставу:
1. Ментор, др Мирјана Стојановић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет
 2. Др Милорад Станојевић, редовни професор у пензији, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет
 3. Др Срђан Станковић, професор емеритус, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет
 4. Др Ненад Младеновић, научни саветник, Математички институт Српске академије наука и уметности
 5. Др Божидар Раденковић, редовни професор, Универзитет у Београду, Факултет организационих наука.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом „Алгоритми естимације стања сигнала глобалних навигационих сателитских система“ припада ужој научној области „Управљање и симулација“, за коју је матичан Саобраћајни факултет Универзитета у Београду.

Ментор на изради докторске дисертације је др Мирјана Стојановић, ванредни професор на Катедри за телекомуникациони саобраћај и мреже Саобраћајног факултета Универзитета у Београду. Научно-истраживачки рад проф. др Мирјане Стојановић обухвата савремене телекомуникационе системе и мреже, дизајн и анализу телекомуникационих протокола, као и системе за надзор и управљање телекомуникационим мрежама. Као аутор или коаутор објавила је 7 поглавља у међународним монографијама, једну научну монографију националног значаја, 9 радова у часописима са импакт фактором, 17 радова у часописима националног значаја и више од 100 радова на међународним и домаћим научним скуповима.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Марко С. Ђогатовић је рођен 23.12.1976. године у Краљеву, где је завршио основну школу и гимназију. На Саобраћајни факултет у Београду уписао се 1995/96. године, где је дипломирао 09.07.2001. године, на Одсеку за поштански и телекомуникациони саобраћај, са просечном оценом 9,40 (девет и 40/100). Током студија био је корисник стипендија Краљевине Норвешке, Министарства просвете Републике Србије и фондације „Проф. Никола Ока“.

По завршетку студија проглашен је за најуспешнијег дипломираног студента у школској 2001/2002 години. Последипломске студије уписао је школске 2002/2003. године на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду. Положио је испите предвиђене наставним планом и програмом са просечном оценом 10,00. Магистарску тезу под називом „Компаративна анализа алгоритама естимације GPS сигнала“ одбранио је 04.05.2011. године и тиме стекао звање магистра техничких наука.

У звање асистента-приправника за ужу научну област „Управљање и симулација“ на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду, изабран је 01.09.2003. године, а у звање асистента за ужу научну област „Управљање и симулација“ на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду, изабран је 01.02.2012. године.

Ангажован је на извођењу рачунских и лабораторијских вежби на Основним академским студијама из предмета: „Управљање системима“, „Рачунарска симулација“, „Програмски језици“, „Објектно оријентисана симулација“, „Вештачка интелигенција“, „Системи за позиционирање објеката“, „Методе заштите у електронском пословању“, као и на извођењу вежби на Мастер академским студијама из предмета: „Моделирање, симулација и анимација“.

Аутор је и коаутор више радова објављених у међународним и домаћим часописима и научним скуповима. Учествовао је као сарадник на пројектима које финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација мр Марка Ђогатовића, дипл. инж., написана је према „Упутству за обликовање докторске дисертације“, које је 14.12.2011. године усвојио Сенат Универзитета у Београду, у оквиру „Упутства за формирање репозиторијума докторских дисертација“. Дисертација, укупног обима 149 страна, написана је ћириличним писмом и садржи 62 слике, 13 табела и 1 прилог.

На почетку дисертације дат је резиме на српском и енглеском језику са кључним речима и библиографским референцама (научна област, ужа научна област и одговарајући број према универзалној децималној класификацији), а затим садржај, спискови слика и табела, као и списак коришћених скраћеница и ознака.

Докторска дисертација се састоји из девет поглавља, под следећим називима:

1. Увод
2. Глобални навигациони сателитски системи
3. Модел навигационих сигнала
4. Архитектура GNSS пријемника

5. Нелинеарна естимација
6. Ублажавање простирања по више путања
7. Библиотека за симулацију и обраду навигационих сигнала
8. Експериментални резултати
9. Закључак

У наставку дисертације дат је списак коришћене литературе са прилозима и биографијом аутора. На крају дисертације дати су прилози који садрже потписане изјаве о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и начину коришћења докторске дисертације.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу образложени су мотиви за избор теме докторске дисертације, проблем истраживања, предмет и циљ истраживања, коришћене научне методе. У оквиру систематизованог прегледа литературе, дат је приказ радова из области алгоритама естимације стања сигнала глобалних навигационих система (алгоритама ублажавања утицаја простирања по више путања).

У другом поглављу је објашњен основни принцип функционисања савремене сателитске навигације, дат је преглед постојећих GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) система и дата је практична примена глобалних навигационих сателитских система. У прегледу постојећих навигационих система дат је кратак приказ њиховог развоја, операционих и тренутних сазвежђа, сервиса и њима додељених сигнала.

У трећем поглављу је дат модел емитованог сигнала GPS C/A и Galileo E1 сигнала при чему су приказани и изведени њихови таласни облици модулишућих сигнала. У овом поглављу је, такође, изведен и модел сигнала на пријему након филтрирања и одабирања. Сматра се да на сигнал на пријему поред осталих извора грешака утиче и простирање сигнала по више путања. Даље, у поглављу је дата корелациона функција сигнала на пријему уклоњеног носиоца са локалном репликом псеудослучајног сигнала. Такође, у поглављу је наглашена разлика између кохерентне и некохерентне интеграције и њима одговарајућих корелационих функција.

У четвртном поглављу је приказана архитектура GNSS пријемника са нагласком на фазу аквизиције и фазу праћења сигнала. У поглављу је дат приказ алгоритама серијске и паралелне аквизиције (претрагом простора Доплерове фреквенције и претрагом кашњења сигнала проширеног спектра) сигнала на пријему у циљу детекције присуства сигнала и добијања оцено кашњења сигнала проширеног спектра и Доплерове фреквенције. Ово поглавље садржи и теоријске поставке праћења фазе, фреквенције и кашњења сигнала проширеног спектра у циљу демодулације сигнала и што прецизног одређивања растојања од пријемника до сателита.

У петом поглављу су приказани алгоритми нелинеарне естимације. Дат је теоријски опис бајесовског естиматора који представља основу за све остале практичне естиматоре, нелинеарни проширени Калманов филтар и његова модификација која не захтева линеаризацију, „unscented” Калманов филтар, као и честични филтар (*Particle Filter*, PF) код кога се за одабирање честица користи функција значаја. Такође, у поглављу је приказана метода променљивих околина (*Variable Neighbourhood Search*, VNS), која се користи у фази поновног одабирања (*resampling*) предложене модификације честичног филтра (*Variable Neighbourhood Search Particle Filter*,

VNSPF). Алгоритам VNSPF представља један од доприноса дисертације и детаљно је објашњен у овом поглављу.

У шестом поглављу је објашњен проблем простирања сигнала по више путања и приказане су постојеће и нове мултикорелаторске технике реализације дискриминатора петље кашњења. Од постојећих детаљно су објашњени следећи дискриминатори: EML (*Early Mean Late*), $\Delta\Delta$ (*Double Delta*), ELS (*Early Late Slope*), MEDLL (*Multipath Estimation Delay Lock Loop*). Такође, у овом поглављу су описана два нова дискриминатора од којих један користи фитовање врхова корелационе функције сигнала на пријему и уз примену неке од метода директне претраге налази оцену параметара сигнала, док је други заснован на честичном филтру при чему за оцену тежина честица користи предложена модификација MEDLL алгоритма.

У седмом поглављу детаљно је приказана структура C++ библиотеке за симулацију и обраду навигационих сигнала. Приказана су заглавља, класе и функције библиотеке и објашњен начин њихове реализације и употребе.

У осмом поглављу је извршена анализа предложених алгоритама. У поглављу је за променљиво окружење извршена компаративна анализа алгоритма за праћење кашњења компоненти GNSS сигнала заснованог на методи фитовања врхова корелационе функције сигнала на пријему у односу на MEDLL алгоритам и утврђена је његова ефикасност у погледу оцене кашњења компоненти навигационог сигнала. Даље, извршено је поређење честичног филтра који за оцену тежина честица користи предлог модификације MEDLL алгоритма са изворним MEDLL алгоритмом у погледу оцене кашњења директне компоненте сигнала у зависности од шума и кашњења рефлектоване компоненте. Такође, у овом поглављу су приказани резултати праћења правца покретног објекта применом VNSPF честичног филтра. Симулационим експериментом извршена је компаративна анализа перформанси овог естиматора у односу на неколико стандардних алгоритама естимације.

Последње поглавље садржи закључна разматрања као и правце за даљи рад који би се темељили на резултатима приказаним у овој докторској дисертацији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Од појаве првих глобалних навигационих сателитских система, током последњих деценија прошлог века па све до данас, дошло је до њиховог значајног развоја. Нови системи попут европског Galileo-а и кинеског BeiDou-а, као и унапређивање традиционалних система GPS-а и ГЛОНАСС-а допринели су већем интересовању за ову област.

GNSS пријемник, након филтрирања и одабирања примљеног сигнала, врши његову обраду кроз две секвенцијалне фазе: синхронизацију и одређивање положаја. У фази синхронизације се прате параметри сигнала тренутно видљивих сателита (временско кашњење сигнала проширеног спектра, фреквенција и фаза носиоца). Један од најзначајнијих проблема који се јавља приликом развоја GNSS пријемника је робустност алгоритма синхронизације у односу на простирање сигнала по више путања. Ово представља стално отворен проблем обзиром да постојећи алгоритми иако су ефикасни у појединим ситуацијама нису у стању да у потпуности уклоне

простирање по више путања. Стално повећавање интеграције електронских кола на чипу омогућава примену све сложенијих и рачунски захтевнијих алгоритама који су у стању да у готово свим ситуацијама ублаже, па и потпуно уклоне, утицај рефлектованих компонентни сигнала на оцену положаја пријемника. Кандидат је оквиру докторске теме предложио две мултикорелаторске технике чија је основна улога да оцене параметре сигнала и то искористе за ублажавање простирања сигнала по више путања. Предложени алгоритми су се показали ефикасни, робусни и у неким ситуацијама чак и прецизнији у погледу оцене параметара компоненти сигнала у односу на неке врхунске постојеће алгоритме за ублажавање простирања по више путања.

У области естимиције честични филтар је већ дуже време актуелна тема и стога су модификације и побољшања постојећих алгоритама атрактивне и пожељне. Обзиром да је проблем дегенерације (тежина скупа свих честица се концентрише само у једној честици) карактеристичан за честичне филтре, модификовање фазе поновног одабирања у циљу елиминисања овог проблема је веома значајно. У докторској дисертацији је приказан алгоритам који користи методу променљивих околина за померање честица из постојећих позиција у подручја апостериори функције расподеле са већим вероватноћама. Применом редукваног Гаусовог VNS алгоритма, честице се ажурирају тако да се њихове позиције преносе у подручја у којима је вероватноћа већа чиме се остварује поновно одабирање. Алгоритам је тестиран на проблему праћења правца неманевришућег и маневришућег покретног објекта.

На основу свега наведеног, истраживање и резултати приказани у докторској дисертацији кандидата Марка Ђогатовића представљају значајан и применљив допринос у области естимације и ублажавања простирања по више путања сигнала глобалних навигационих сателитских система.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Дисертација садржи свеобухватни приказ и критички осврт на референтну и коришћену литературу. У дисертацији је коришћена најважнија доступна научно-стручна литература из области обраде сигнала, естимације и глобалних навигационих сателитских система. Кандидат је анализирао и правилно реферисао садржај 107 библиографских јединица релевантних за циљеве и предмет истраживања, као и за примењене технике решавања проблема.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Кандидат је извршио критичку анализу постојећих метода за ублажавање простирање по више путања и као резултат те анализе појавили су се предлози за две нове методе који су описани у дисертацији. Једна од ове две методе користи методу фитовања врхова аутокорелационих функција за предложена кашњења сигнала, да би се даље применом неке од оптимизационих метода директне претраге пронашла она комбинација кашњења која најбоље фитује корелациону функцију сигнала на пријему. Фитовање врхова кривих је метода једноставна за реализацију, која обезбеђује велику прецизност у погледу оцене параметара компоненти сигнала. Друга метода користи честични филтар који примењује предложену модификацију MEDLL методе за израчунавање тежина честица PF филтра. Постојеће методе засноване на честичном филтру интензивно користе матрични рачун над одбирцима сигнала те су стога неефикасне и сложене за реализацију. Обзиром да је MEDLL ефикасна метода предложеном модификацијом се значајно побољшава ефикасност честичног филтра у погледу праћења параметара компоненти GNSS сигнала.

У докторској дисертацији извршена је модификација фазе поновног одабирања честичног филтра применом методе променљивих околина. Коришћење VNS алгоритма је адекватно обзиром да се он заснива на идеји систематичне промене околина приликом налажења локалног оптимума и при избегавању области у којој се локални оптимум налази. Користећи ту чињеницу редукцијом алгоритма се обезбеђује померање честица из области у којима је вероватноћа мала у области са већом вероватноћом.

У циљу разматрања наведених алгоритама било је неопходно развити адекватно симулационо окружење. У ту сврху развијена је библиотека у C++-у са симулацију и обраду навигационих GPS C/A и Galileo E1 сигнала.

3.4. Применљивост отворених резултата

Резултати докторске дисертације, поред научне вредности, имају и практичну примену. Практична примена алгоритама праћења параметара GNSS сигнала приказаних у дисертацији се огледа кроз могућност њихове имплементације у софтверским и хардверским решењима сателитских навигационих пријемника. Такође, алгоритам естимације заснован на честичном филтру је опште применљив. Иако је у раду дата његова примена у погледу праћења кретања маневришућег и неманевришућег објекта, алгоритам није ограничен само на те проблеме, већ је применљив над свим проблемима стохастичке естимације који задовољавају услове наведене у приказу алгоритма.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Ужа област научног интересовања кандидата мр Марка Ђогатовића, дипл. инж. је „Управљање и симулација“, док је ужа област докторске дисертације естимација стања сигнала глобалних навигационих система, односно, ублажавање простирање сигнала глобалних навигационих система по више путања. Током израде докторске дисертације кандидат је стекао значајно истраживачко и практично искуство у погледу алгоритама естимације, обраде сигнала сателитских навигационих система и реализације симулационих модела. На основу рада са кандидатом, као и на основу анализе докторске дисертације и верификације остварених резултата истраживања, Комисија сматра да је кандидат несумњиво показао способност за самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

На основу прегледа докторске дисертације кандидата мр Марка Ђогатовића, дипл. инж., Комисија констатује да се научни допринос дисертације састоји у следећем:

- Анализа традиционалних техника ублажавања простирања по више путања коришћењем симулираних модела.
- Развој програмске библиотеке за симулацију и обраду навигационих сигнала (GPS C/A и Galileo E1) која представља оквир за реализацију предложених симулационих модела у циљу анализе различитих метода ублажавања простирања по више путања.

- Развој и имплементација неколико нових корелационих техника за ублажавање простирања по више путања и поређење њихових перформанси са традиционалним техникама.
- Предлог новог алгоритма праћења кашњења и фазе директне и рефлектованих компоненти псеудослучајног сигнала заснована на честичном алгоритму код кога се тежине честица израчунавају применом модификованог MEDLL алгоритма. Овај алгоритам користи априори информације о кашњењу и фазама компоненти сигнала који се прати.
- Предлог новог алгоритма који има улогу дискриминатора и који користи методу фитовања врхова корелационе функције на пријему уз примену неке од метода директне претраге у циљу оцене кашњења сигнала на пријему и ублажавања утицаја простирања сигнала по више путања.
- Предлог и имплементација новог естиматора који је заснован на честичном филтру и који уместо поновног одабирања користи редуковану Гаусову методу променљивих околина (VNS). Коришћењем честичног филтра добијају се почетне позиције честица и њихове тежине. Применом VNS алгоритма честице се преносе у области где ће имати веће тежине. Коришћењем честица и њихових тежина израчунава се оцена стања.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Научни доприноси који проистичу из дисертације представљају значајан допринос у области ублажавања простирања по више путања чиме се обезбеђује боља оцена кашњења директне компоненте сигнала од сателита до пријемника, а самим тим и боља оцена положаја пријемника. Предложени алгоритми који су проистекли као резултат научно-истраживачког рада кандидата су ефикасни у погледу оцене кашњења компоненти навигационог сигнала што је видљиво из приказаних резултата.

Резултатима је потврђено да се модификацијом честичног филтра заснованог на методи променљивих околина повећава робусност честичног филтра и елиминише могућност дегенерације честица. Алгоритам омогућава брзу конвергенцију естимације стања. У погледу тачности оцене стања алгоритам се углавном показао ефикаснијим у односу на остале естиматоре.

На основу поређења изложених доприноса остварених у реализацији истраживања циљева дисертације, Комисија сматра да остварени доприноси задовољавају постављене циљеве.

4.3. Верификација научних доприноса

Остварени научни доприноси у оквиру ове докторске дисертације верификовани су објављивањем међународним часописима и саопштавањем резултата истраживања на међународним и домаћим скуповима. Верификација научног доприноса дисертације остварена је објављивањем следећих радова:

Категорија M21:

- 21-1. **Djogatović M. S., Stanojević M. J., Mladenović N.:** A variable neighborhood search particle filter for bearings-only target tracking, - *Computers & Operations Research*,

Vol. 52, Part B, pp. 192-202, 2014 (IF: 1.909) (ISSN: 0305-0548) (DOI: 10.1016/j.cor.2013.11.013).

Категорија M23:

- 23-1. **Djogatović M. S.**, Stanojević M. J.: Bayesian-based MEDLL for the GPS signal tracking, - *Elektronika ir Elektrotehnika*, Vol. 18, No. 9, pp. 63–66, 2012 (IF: 0.411) (ISSN 1392-1215), (DOI: 10.5755/j01.eee.18.9.2809).

Категорија M33:

- 33-1. **Dogatović M.**, Stanojević M., “Multipath Mitigation of GPS Signal Using Sequential Monte-Carlo Filter”, -*Proceedings of the 9th International Conference Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS 2009)*, Niš, Serbia, 2009., pp. 229-232.
- 33-2. **Djogatović M. S.**, Stanojević M. J., “GNSS Signal Simulation and a Multipath Delay Estimation”, -*Proceedings of the Small System Simulation Symposium 2012 (SSSS 2012)*, Niš, Serbia, 2012., pp. 77-84.
- 33-3. **Dogatovic M.**, Stanojević M., Radenković B., “SIM-PA: An open source-based simulation language”, -*Proceedings of the XI Balkan Conference on Operational Research*, Zlatibor, Serbia, 2013., pp. 650-659.
- 33-4. **Dogatovic M.**, Stanojević M., Mladenović N., “Particle filter – Improving resampling using a metaheuristic”, -*Proceedings of the XI Balkan Conference on Operational Research*, Zlatibor, Serbia, 2013., pp. 221-227.

Категорија M34:

- 34-1. **Dogatović M.**, Stanojević M., Stanković S., “Estimation of ship navigation parameters,” -*Volume of abstracts the 8th Balkan Conference on Operational Research (BALCOR 2007)*, Zlatibor, Serbia, September 2007, p. 91
- 34-2. **Djogatovic M.**, Stanojević M., “A Variable Neighbourhood Search Filter”, -*Volume of abstracts of the EURO Mini Conference XXVIII on Variable Neighbourhood Search (EUROmC - XXVIII)*, Herceg Novi, Montenegro, 2012., p. 9.
- 34-3. **Djogatovic M.**, Stanojević M., “A metaheuristic based approach for GNSS signal tracking”, -*Volume of abstracts of the EURO Mini Conference XXVIII on Variable Neighbourhood Search (EUROmC - XXVIII)*, Herceg Novi, Montenegro, 2012., p. 19.

Категорија M63:

- 63-1. **Ђогатовић М.**, Станојевић М.: „Симулациона анализа тачности и расположивости GPS-а са редукованим бројем сателита“, -*Зборник радова Симпозијума о операционим истраживањима (SYM-OP-IS 2009)*, Ивањица, 2009., стр. 617-620.
- 63-2. **Ђогатовић М.**, Станојевић М., „Симулација L1 C/A GPS сигнала на међуфреквенцији“, -*Зборник радова Симпозијума о операционим истраживањима (SYM-OP-IS 2010)*, Тара, 2010., стр. 709-713.
- 63-3. **Ђогатовић М.**, Стојановић М., Станојевић М., „Праћење кашњења GNSS сигнала применом методе фитовања“, *Симпозијум о операционим*

истраживањима (SYM-OP-IS 2016), Тара, 2016. (прихваћен за објављивање у виду реферата)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Разматрајући структуру рада, научне доприносе, примењене научне методе, обим и квалитет истраживања, развијене моделе и добијене резултате, Комисија закључује да докторска дисертација кандидата мр Марка Ђогатовића, дипл. инж., испуњава све критеријуме, стандарде и услове предвиђене Законом о образовању, Статутом Универзитета у Београду и Статутом Саобраћајног факултета.

Предложени алгоритми и резултати приказани у овој докторској дисертацији верификовани су објављивањем два рада у часописима са импакт фактором. Докторска дисертација представља значајан и практично применљив научни допринос у области алгоритама естимације и ублажавања простирања по више путања сигнала глобалних навигационих система. Дисертација је оригиналан научни рад и доказ научно-истраживачке зрелости кандидата.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Саобраћајног факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Алгоритми естимације стања сигнала глобалних навигационих сателитских система“, кандидата мр Марка Ђогатовића, дипл. инж., прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 22.07.2016. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Мирјана Стојановић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет

Др Милорад Станојевић, редовни професор у пензији,
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет

Др Срђан Станковић, професор емеритус,
Универзитет у Београду, Електротехнички факултет

Др Ненад Младеновић, научни саветник,
Математички институт Српске академије наука и уметности

Др Божидар Раденковић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука