

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Милоша Јевтића, дипломираног инжењера електротехнике

Одлуком бр. 5048/12-3 од 16.04.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Милоша Јевтића под насловом

"Вишециљна оптимизација импулсне поворке у полупроводничком импулсном Доплер радару"

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 дисертације

Дана 02.10.2020. године кандидат је полагао испит о подобности теме и кандидата (докторски испит) пред комисијом у саставу: редовни професор др Жељко Ђуровић, научни сарадник др Никола Зоговић, редовни професор др Сања Вранеш. Кандидат је на јавној усменој одбрани предложене теме докторске дисертације добио оцену: **задовољно**.

Тема докторске дисертације је одобрена на седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду 19.11.2020 г., а Веће области техничких наука Универзитета у Београду је дало сагласност 01.12.2020 г.

Кандидат је урађену дисертацију поднео на преглед и оцену 19.03.2021. г., а Наставно-научно веће Електротехничког факултета је 16.04.2021. г. именовало Комисију за преглед и оцену.

Кандидат је уписао докторске студије школске 2012./2013. године. По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак ових студија за још три године, сагласно члану 101. став 4 Статута Универзитета у Београду.

1.2. Научна област дисертације

Дисертација припада научној области Електротехничко и рачунарско инжењерство, за коју је матичан Електротехнички факултет Универзитета у Београду. Ментор израде дисертације је др Бранко Ковачевић, професор емеритус Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Милош Јевтић је рођен 1976. године у Крагујевцу, Србија. Гимназију је завршио у Крагујевцу 1995. године, а на Електротехничком факултету Универзитета у Београду дипломирао је 2003. године, на смеру за Електронику.

Од 2003. године запослен је у предузећу „ИМП – Рачунарски системи д.о.о.“, а касније у „Институту Михајло Пупин д.о.о.“ (ИМП). Учествовао је на пројектима: „Реконструкција Аутоматизованог радио техничког извиђачког система – АРТИС“, „Софтверска библиотека за демодулацију и декодовање РАСТОР-2 протокола“, „Систем за електронску контролу уласка/изласка возила на теретни царински терминал“, „Рачунарска мрежа за обраду података радарске станице – РМРСт“, „Модернизација осматрачко-аквизицијског радара П-12“, „Мобилни центар ваздушног осматрања и јављања – МЦВОЈ“, „ТР32051 – Развој и реализација наредне генерације система, уређаја и софтвера на бази софтверског радија за радио и радарске мреже“, „Модернизациони комплет за радар S-600 (EARS-S600-K)“, „Софтверски дефинисани радио“, „Развој примопредајног дела радара“, „Израда прототипа полупроводничког радарског предајника“ и „Израда софтвера за прототип радиогониометра“. За резултате постигнуте на пројекту „Модернизација осматрачко-аквизицијског радара П-12“, награђен је од стране ИМП, 2011. године.

Основне области истраживања и развоја којима се аутор бавио су: дистрибуирани рачунарски системи, паралелно програмирање, бежичне сензорске мреже, аквизиција, обрада, пренос и визуализација радио и радарских сигнала у реалном времену, праћење покретних циљева, обједињавање података са више сензора, софтверски дефинисан радио/радар и вишециљна оптимизација.

Објавио је 25 научних радова, укључујући један рад у истакнутом међународном часопису (M22). Члан је IEEE Aerospace and Electronic Systems Society.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Дисертација је изложена на 107 страница са проредом 1,5. Организована је у форми увода, четири централна поглавља и закључка, а осим тога садржи насловну страну на српском и енглеском језику, податке о ментору и члановима Комисије за одбрану, изјаве захвалности, основне податке о дисертацији (сажетак, кључне речи, научну област и ужу научну област) на српском и енглеском језику, садржај, номенклатуру (листу скраћеница и листу коришћених симбола) и списак коришћене литературе. По форми и садржају задовољава стандарде за докторску дисертацију.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом, уводном поглављу најпре су дефинисани основни термини у домену импулсних Доплер радара намењених за примену у ваздушном осматрању. Затим су идентификовани проблеми који ограничавају могућности откривања објеката у импулсном Доплер радару у случају да исти користи полупроводнички предајник и ради у режиму ниске фреквенције понављања импулса, као и врста импулсне поворке уз помоћ које се могу ублажити ти проблеми. Након тога представљен је технички проблем чије решавање је предмет истраживања дисертације, а односи се на оптимално пројектовање поменуте импулсне поворке. Циљ истраживања је јасно дефинисан као испитивање четири хипотезе које се односе на решавање предметног техничког проблема. У наставку увода образложено је зашто за испитивање наведених хипотеза није неопходан експеримент, већ је довољна симулација.

У другом поглављу представљена је постојећа литература која је релевантна за дисертацију. Најпре су хронолошким редоследом представљени радови из области оптималног избора импулсне поворке за импулсне Доплер радаре који раде у режиму ниске и средње

фреквенције понављања импулса. Након тога направљен је кратак увод у област оптимизације, са посебним освртом на вишециљну оптимизацију. У наставку су обрађене релевантне референце из домена еволутивних алгоритама и вишециљне еволутивне оптимизације, са посебним освртом на вишециљни еволутивни алгоритам NSGA-II.

На почетку трећег поглавља, изложене су уопштене информације о математичким моделима оптимизационих проблема и начинима артикулације преференција у вишециљним оптимизационим проблемима. Остатак трећег поглавља посвећен је детаљном представљању три математичка модела, који заправо представљају хронолошке стадијуме у развоју математичког модела предметног оптимизационог проблема. За сваки модел најпре су прецизно математички дефинисане променљиве одлучивања, ограничења и функције циља, затим је модел анализиран на примеру хипотетичког савременог радара уз помоћ нумеричке симулације и пронађено је егзактно решење проблема методом исцрпне претраге. Одабран је приступ са а posteriori артикулацијом преференција, тако да је решење проблема у облику Парето оптималног скупа решења.

Четврто поглавље је посвећено развоју ефикасног алгоритма за апроксимативно решавање предметног оптимизационог проблема. Прва четири одељка четвртог поглавља хронолошки приказују ток развоја и испитивања алгоритма, полазећи од иницијалне верзије, која је у ствари NSGA-II конфигурисан на погодан начин, до финалне верзије, назване NSGA-II+CES која се заснива на поновљеним извршењима NSGA-II и додатној накнадној обради. Резултати испитивања обе верзије алгоритма су врло детаљно документовани. У последњем одељку четвртог поглавља дискутује се о подешавању параметара и остварљивим перформансама NSGA-II+CES, а након тога се, уз поређење са закључцима из релевантних референци, дискутује о томе зашто NSGA-II у оригиналној изведби не даје добре резултате за предметни проблем и како би се то могло превазићи у евентуалним будућим истраживањима.

У петом поглављу најпре су представљени резултати евалуације перформанси NSGA-II+CES на финалној верзији математичког модела предметног оптимизационог проблема. Затим су изнети докази истинитости полазних хипотеза. Следи дискусија о могућностима практичне примене NSGA-II+CES, док се поглавље завршава описом могућих праваца даљих истраживања.

У шестом, закључном поглављу резимира се технички проблем чије решавање је било предмет истраживања дисертације, а затим сумирају закључци до којих се дошло доказивањем истинитости полазних хипотеза. Следи преглед кључних научних и стручних доприноса дисертације, док се поглавље завршава истицањем примарних праваца евентуалних даљих истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Дисертација је проистекла из вишегодишњег бављења кандидата истраживањем и развојем у области радарских система, укључујући и учешће у развоју полупроводничког радарског примопредајника. Област полупроводничких радара је актуелна на светском нивоу, а од посебног значаја је и на националном нивоу, у смислу евентуалне домаће производње радарских система. Кандидат се у дисертацији бави применом вишециљне оптимизације, што је изузетно актуелна област на светском нивоу.

Оригиналност теме дисертације се пре свега огледа у примени вишециљне оптимизације на решавање проблема у једној врсти радарског система, на начин који није описан у до сада познатој литератури. Математички модел предметног оптимизационог проблема оригиналан је резултат истраживања кандидата. Поред тога, кандидат је предложио и оригиналну надоградњу постојећег алгоритма NSGA-II којом се омогућава апроксимативно решавање

предметног оптимизационог проблема знатно брже него егзактном методом исцрпне претраге, а уз довољно добру тачност.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је током истраживања проучио, а у дисертацији се коректно реферисао на 54 референце, углавном научне радове, уџбенике и зборнике, претежно на енглеском језику.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживање представљено у овој дисертацији засновано је на примени следећих научних метода:

- Метода моделовања – уместо експеримента на стварном систему полазне хипотезе су проверене путем нумеричке симулације засноване на теоријском математичком моделу;
- Метода оспоравања – полазне хипотезе су потврђене свођењем на контрадикцију;
- Метода анализе – радарски систем и процес радарског осматрања су рашчлањени за потребе моделовања, а Парето фронт добијен оптимизацијом је рашчлањен на делове различитих карактеристика за потребе евалуације квалитета апроксимације;
- Метода апстракције – за потребе моделовања одвојени су битни од небитних аспеката радарског система, рецимо карактеристике унутаримпулсне модулације нису директно разматране јер нису битне за предметни проблем;
- Метода компарације – поређење резултата различитих извршавања алгорита оптимизације је довело до закључака који су омогућили усавршавање алгорита.

Наведене научне методе су биле у потпуности адекватне за проверу полазних хипотеза.

3.4. Применљивост остварених резултата

Математички модел предметног оптимизационог проблема представљен у овој дисертацији и предложени оптимизациони алгоритами NSGA-II+CES би у пракси могли користити пројектанти радарског система, те корисници радарског система током планирања мисије. Захваљујући релативно кратком времену извршавања NSGA-II+CES на савременим рачунарима, које у зависности од захтеване тачности апроксимације Парето оптималног скупа може бити реда величине 10 или 100 секунди, постоји потенцијал да NSGA-II+CES користе и оператери радарског система током оперативног рада, за потребе прилагођавања импулсне поворке променама у режиму рада радара или променама у условима околине.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је показао одлично познавање области оптимизације импулсне поворке у импулсном Доплер радару, систематичност у претраживању и проучавању расположиве литературе, способност синтезе нових математичких модела и оптимизационих алгоритама на основу постојећих, систематичност у испитивању квалитативних и квантитативних карактеристика предложених модела и алгоритама, способност анализе резултата испитивања ради усавршавања алгорита и доказивања истинитости хипотеза, као и способност примене различитих научних метода у свом истраживачком раду. Кандидат је према томе оспособљен за самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Истраживање описано у овој дисертацији има следеће научне и стручне доприносе:

- 1) Направљен је преглед постојеће литературе у области оптималног избора импулсне поворке импулсних Доплер радара који раде у режиму ниске или средње фреквенције понављања импулса.
- 2) Дефинисан је математички модел предметног оптимизационог проблема избора импулсне поворке, заснован на познатим теоријским моделима из расположиве литературе.
- 3) Развијен је алгоритам за апроксимативно одређивање Парето оптималног скупа за предметни проблем, назван NSGA-II+CES. Алгоритам се заснива на више узастопних извршења познатог оптимизационог алгоритма NSGA-II и комбиновању њихових резултата исцрпном претрагом за недоминираним решењима унутар уније недоминираних решења из свих извршења NSGA-II.
- 4) Направљени су преглед могућности примене оптимизационог алгоритма NSGA-II+CES са финалном верзијом математичког модела у пракси и анализа потенцијалних побољшања перформанси радарског система које би таква примена могла да донесе.
- 5) Промовисана је примена вишециљне оптимизације у контексту решавања реалног инжењерског проблема.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Доприноси наведени у одељку 4.3. овог Реферата представљају унапређење тренутног стања науке и технике, јер:

- 1) Преглед постојеће литературе у области оптималног избора импулсне поворке импулсних Доплер радара који раде у режиму ниске или средње фреквенције понављања импулса може бити од користи истраживачима и инжењерима који желе да се упознају са том облашћу.
- 2) Математички модел предметног оптимизационог проблема избора импулсне поворке може бити од помоћи инжењерима који пројектују импулсне Доплер радарске системе у режиму ниске фреквенције понављања импулса, а може послужити и као основа или пример за даља истраживања у погледу унапређења модела за проблем избора импулсне поворке за импулсне Доплер радарске системе у режиму ниске фреквенције понављања импулса или развоја сличних модела за друге врсте радарских система.
- 3) Развијени алгоритам NSGA-II+CES утиче на стање технике на начин описан у одељку 3.4. овог Реферата, а могао би да послужи и као основа или пример за даља истраживања сличних алгоритама за решавање других вишециљних оптимизационих проблема.
- 4) Применљивост математичког модела предметног оптимизационог проблема представљеног у овој дисертацији и предложеног оптимизационог алгоритма NSGA-II+CES, објашњени су у одељку 3.4. овог Реферата. Примена NSGA-II+CES у пракси би могла довести до побољшања перформанси радарског система на више начина. Пре свега, ако радарски систем ради у режиму одређеном тачком у Парето оптималном скупу, перформансе система ће начелно бити боље у односу на режим рада који одговара тачки допустивог простора одлучивања која није Парето оптимална. Са познатим Парето оптималним скупом унетим у рачунарски систем радара, оператер би током оперативног рада могао да мења импулсну поворку преласком из једне у другу тачку Парето оптималног скупа, у складу са потребама ситуације на терену, што би радар ставило у предност у односу на радаре који немају такву могућност. Коначно, NSGA-II+CES има потенцијал за примену у

прилагођавању импулсне поворке променама у режиму рада радара или променама у условима околине у реалном времену, што је значајна квалитативна одлика.

- 5) Илустрација примене вишециљне оптимизације у контексту решавања реалног инжењерског проблема би могла да мотивише друге инжењере и истраживаче на примену вишециљне оптимизације у решавању проблема са којима се сусрећу. Док се прва четири наведена доприноса односе на веома уску област науке и технике, овај допринос има много шири значај. Наиме, многи инжењерски проблеми из стварног света, ако не и већина, су у суштини проблеми са више супротстављених циљева. Зато је врло битна порука ове дисертације инжењерима и истраживачима да уложе више времена у упознавање са концептом вишециљне оптимизације и да исту активно примењују у решавању кардиналних проблема са којима се срећу приликом пројектовања система и спровођења научних истраживања.

4.3. Верификација научних доприноса

Радови који су резултат истраживања у оквиру израде докторске дисертације наведени су у наставку.

Категорија M22:

1. **Jevtić, M.**; Zogović, N.; Graovac, S., „Evolutionary multi-objective optimisation of the pulse burst waveform in solid-state VHF moving target detection radar,” *IET Radar, Sonar & Navigation*, 13, (12), pp. 2093-2101, 2019, DOI: 10.1049/iet-rsn.2019.0033. (Online ISSN 1751-8792, print ISSN 1751-8784, **IF 1.908**, рангиран као 146/266 у области Engineering, Electrical & Electronic и 54/90 у области Telecommunications)

Категорија M33:

2. **M. Jevtić**, N. Zogović, and S. Graovac, „Optimal Pulse-Doppler Waveform Design for VHF Solid-state Air Surveillance Radar,” *Operations Research Proceedings 2015*, Selected Papers of the International Conference of the German, Austrian and Swiss Operations Research Societies (GOR, ÖGOR, SVOR/ASRO), University of Vienna, Austria, September 1-4, 2015, Dörner, K.F., Ljubic, I., Pflug, G., Tragler, G. (Eds.), Springer International Publishing, ISSN: 0721-5924, ISBN: 978-3-319-42901-4, pp. 309-315, DOI: 10.1007/978-3-319-42902-1_42.
3. **M. Jevtić**, N. Zogović, S. Graovac, „Multiobjective Approach to Optimal Waveform Design for Solid-state VHF Pulse-Doppler Air Surveillance Radar,” *Proceedings of 2nd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN 2015*, Silver Lake, Serbia, June 8 – 11, 2015, pp. AUI2.3.1-6.
4. **Jevtić, M.**, Zogović, N., Graovac, S. *Lexicographical Index Decision Variable in Pulse-Doppler Radar Pulse Burst Waveform Optimization*. In: Zdravković, M., Konjović, Z., Trajanović, M. (Eds.) ICIST 2020 Proceedings Vol.2, pp.266-270, 2020.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

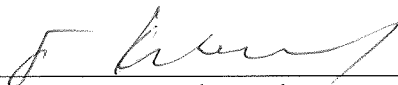
У својој дисертацији, кандидат Милош Јевтић истраживао је технички проблем оптималног избора импулсне поворке у полупроводничком импулсном Доплер радару који ради у режиму ниске фреквенције понављања импулса. Циљ истраживања дефинисао је као проверу четири полазне хипотезе које се односе на предметни проблем, а исте је доказао на основу резултата нумеричких симулација. Научни доприноси области која је истраживана укључују преглед литературе, оригиналан математички модел оптимизационог проблема и ефикасан метахеуристички алгоритам за апроксимативно решавање оптимизационог проблема. Применљивост предложеног математичког модела и оптимизационог алгоритма у пракси је вишеструка, укључујући пројектовање радарског система и планирање мисије, а постоји и потенцијал за примену у прилагођавању импулсне поворке променама у режиму рада радара или променама у условима околине у реалном времену. Резултати истраживања су

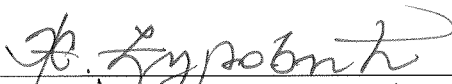
верификовани објављивањем рада у истакнутом међународном часопису. Кандидат је показао оспособљеност за самосталан научни рад.


Имајући све ово у виду, Комисија предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом "Вишециљна оптимизација импулсне поворке у полупроводничком импулсном Доплер радару" кандидата Милоша Јевтића прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

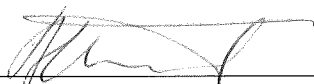
У Београду
дана 21. април 2021. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


др Бранко Ковачевић, професор емеритус
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Жељко Ћуровић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Никола Зоговић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду – Институт „Михајло Пупин“


др Вељко Папић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет