

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **мр Драгана М. Раковића**, дипл.инж.маш., студента докторских академских студија.

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду- Машинског факултета бр. 2064/1 од 28.11.2024. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **мр Драгана М. Раковића**, дипл. инж. маш., студента Докторских студија на Универзитету у Београду - Машинском факултету, под насловом:

„Аутономно позиционирање и генерисање оптималних путања беспилотних ваздухопловних система при слетању”

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

Кандидат **мр Драган М. Раковић**, дипл. инж. маш., уписао је Докторске академске студије Машинског факултета Универзитета у Београду школске 2017/2018. године. Положио је испите из свих предмета предвиђених наставним планом и програмом за ниво Докторских академских студија са просечном оценом 9,14 (девет и 14/100).

Кандидат **мр Драган М. Раковић**, дипл. инж. маш., пријавио је тему докторске дисертације под називом „Аутономно позиционирање и генерисање оптималних путања беспилотних ваздухопловних система при слетању” 18.08.2020. године (бр.1150/1) и за менторе је предложио проф.др Александра М. Симоновића, ред.проф. и проф.др Александра Грбовића, ред.проф.

На основу пријаве кандидата, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду је прихватило предлог дисертације, а на основу предлога Катедре за ваздухопловство (бр.1150/3 од 08.10.2021.год.), именовало Комисију за подношење извештаја о прихватању теме докторске дисертације и њене научне заснованости у саставу:

1. др Часлав Митровић, редован професор, Универзитет у Београду – Машински факултет,

2. др Небојша Петровић, редован професор, Универзитет у Београду – Машински факултет,
3. др Огњен Пековић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Машински факултет,
4. др Горан Воротовић, доцент, Универзитет у Београду – Машински факултет,
5. др Петар Миросављевић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет.

На основу извештаја Комисије (бр. 1150/4) од 16.11.2020., Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду 19.11.2020. доноси одлуку (бр.1150/6), којом прихвата предлог о испуњености услова о научној заснованости теме докторске дисертације. Машински факултет подноси захтев Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, које је на седници одржаној 01.12.2020. године донело одлуку да се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације **мр Драгана М. Раковића, дипл. инж. маш.** (одлука бр. 61206-4084/2-20).

На основу обавештења др Александра Симоновића, редовног професора, Универзитета у Београду – Машински факултет и др Александра Грбовића, редовног професора, Универзитета у Београду – Машински факултет, да је кандидат **мр Драган Раковић, дипл. инж. маш.**, завршио докторску дисертацију, као и предлога колегијума наставника Катедре за ваздухопловно машинство, Наставно-научно веће Универзитета у Београду - Машинског факултета 28.11. 2024. године доноси Одлуку бр. 2064/1 о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

1. др Александар Бенгин, редовни професор Универзитета у Београду - Машинског факултета;
2. др Мирко Динуловић, редовни професор Универзитета у Београду - Машинског факултета;
3. др Огњен Пековић, ванредни професор Универзитета у Београду - Машинског факултета;
4. др Горан Воротовић, ванредни професор Универзитета у Београду - Машинског факултета;
5. др Бранимир Крстић, ванредни професор, Војна академија, Универзитета Одбране:

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација **мр Драгана М. Раковића, дипл. инж. маш.**, под називом „Аутономно позиционирање и генерисање оптималних путања беспилотних ваздухопловних система при слетању” припада научној области техничких наука (машинство) и ужој научној области Ваздухопловство за коју је Универзитет у Београду – Машински факултет матичан.

Дисертација је рађена под менторством др Александра М. Симоновића, редовног професора на групи предмета на Катедри за Ваздухопловство Универзитета у Београду – Машинског факултета и др Александра Грбовића, редовног професора на групи предмета на Катедри за Ваздухопловство Универзитета у Београду – Машинског факултета који у протеклих 10 година имају објављених 10 радова на SCI листи из уже предметне научне области.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Мр Драган М. Раковић, дипл. инж. маш., рођен је [REDACTED] Основну и средњу школу завршио је у Рашки. Након завршетка средње школе, усмерено образовање математички смер, уписао је Машински факултет Универзитета у Београду, смер аерокосмотехника. На катедри за ваздухопловство дипломирао је 2004.године.

Магистрирао је 2010.године на Катедри за ваздухопловство Машинског факултета Универзитета у Београду са темом "Развој методологије одређивања конструктивних параметара савремених беспилотних летелица специјалних намена".

Од 2000.године запослен је у Ресору државне безбедности МУП Републике Србије, а од 2002.године у Безбедносно-информативној агенцији Републике Србије. Прошао је сва радна места од извршилачких до највиших руководећих.

У оквиру струке, а испред Агенције био је ангажован на следећим пословима:

- члан Националног комитета за обезбеђивање у ваздухопловству;
- у складу са задужењима био надлежан за праћење прописа из области обезбеђења у ваздухопловству;
- учествовао у изради Националног програма за обезбеђивање у ваздухопловству;
- учествовао у изради измена Закона о ваздушном саобраћају Републике Србије;
- учествовао у изради Процена ризика по цивилно ваздухопловство у Републици Србији;
- учествовао у изради Процени ризика у вези обезбеђења у ваздухопловству за аеродром „Никола Тесла“ Београд;
- асистент на Академији за националну безбедност за област електротехничког инжењерства.

Осим наведеног кандидат је учествовао:

- стручно усавршавање у организацији Службе за управљање кадровима Владе Републике Србије на тему „Обука, средњорочни план, концепт, методологије и анализа“;
- стручни семинар у организацији Канцеларије савета за националну безбедност и заштиту тајних података на тему „Заштита тајних података“;
- учесник међународног стручног семинара, (ИНФРА 42589) који је одржало одељење Генералног директората за проширење Европске мисије и Министарство за телекомуникације и информационо друштво;
- члан експертског тима у разговорима са представницима Савета Европе о инструкцијама за деловање у кризним ситуацијама (информатичка област);
- члан Радне групе Владе Републике Србије за израду Државне комуникационе мрежж;
- члан Радне групе Владе Републике Србије за израду Закона о информационој безбедности;
- члан Радне групе за имплементацију јединственог информационог система за размену података Владе Републике Србије;

- члан Радног тима Владе Републике Србије за припрему предлога о могућности издвајања Система специјалних веза из састава „Телеком“ Србија;
- члан Радне групе Владе Републике Србије за реализацију Закључка Владе Републике Србије о Систему специјалних веза;
- учесник експертске радионице у организацији OSCE;
- учесник округлог стола „Полиција, безбедност и високотехнолошки криминал“ МУП РС;
- учесник стручног семинара "Интелектуална својина: предуслов успешног пословања";

Мр Драган Раковић, дипл. инж. маш., сертификован је од стране Директората за цивилно ваздухопловство Републике Србије за инструктора за обуку у области обезбеђивања у ваздухопловству. Поседује сертификат за ИСО стандард 27000 – 27014.

Током рада у Агенцији обављао је послове на планирању, пројектовању, развоју и реализацији нових пројеката из области информационих система, телекомуникационих система и системима њихове заштите.

Такође, за потребе Агенције осмислио и реализовао је пројекат „Хелидром Агенције“

Током своје радне каријере кандидат је био и на радном месту Технички директор телевизије „МОСТ“ у Рашки. Приправнички стаж, у струци, одрадио је на спортском аеродрому у Краљеву.

Војни рок је одслужио у ЈНА 1983-84.г. У резервном саставу има чин водника.

Кандидат активно користи руски и енглески језик.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација, кандидата **мр Драгана М. Раковића, дипл. инж. маш.,** под називом „Аутономно позиционирање и генерисање оптималних путања беспилотних ваздухопловних система при слетању“ изложена је на 111 страница А4 формата, садржи 46 слика, 4 дијаграмских приказа, 3 табеле и 75 коришћених референтних литературних извора као и један прилог од 21 стране. Докторску дисертацију чине следећих осам поглавља са пратећим прилозима:

1. Увод
2. Осврт на постојећа истраживања
3. Теоријске основе
4. Нумерички модел
5. Експериментална верификација
6. Дискусија
7. Закључак
8. Литература

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У *првом поглављу*, које представља уводна разматрања докторске дисертације, кандидат даје увид у мотивацију за ово истраживање, приказује историјски развој и примену беспилотних ваздухопловних система. Појашњена је улога беспилотних ваздухопловних система као и њихов утицај у развоју принципијелно нових научних метода и технологија која се примењују у овој области. Анализиране су тактичко-техничке карактеристике беспилотних ваздухопловних система, извршена је њихова класификације и дат је преглед актуелних истраживачких, наушних и инжењерских изазова које је потребно превазићи ради даљег усавршавања, ширења спектра њихове употребе и успешне експлоатације у постављеним задацима различитих типова. Такође, представљени су савремени системи навигације и позиционирања који се користе у области беспилотних ваздухопловних система, са освртом на њихов значај и улогу у различитим фазама и режимима лета а посебно при слетању, што представља предмет ове дисертације.

Друго поглавље садржи општи преглед, приказ и анализу савремених концепата позиционирања, кретања и навигације беспилотних ваздухопловних система. Наведени системи су описани према функционалности, архитектури или типу примењене технологије. Дат је преглед релевантне литературе из области примене беспилотних ваздухопловних система односно система навигације, позиционирања и њихових путања у складу са постављеним захтевима. Анализиране су могућности интеграције различитих система навигације у зависности од специфичних захтева за реализацију постављених задатака. Ради превазилажења проблема прецизности и тачности истакнут је значај интеграције више различитих система. Такође, у овом поглављу разматрана су актуелна достигнућа из разних истраживања широког спектра научних области са циљем подизања на квалитативно виши техничко-технолошки ниво постојеће приступе и решења те оптималног решавања проблема сличних предметном истраживању докторске дисертације.

У *трећем поглављу* описани су динамички модели кретања беспилотних ваздухоплова различитих типова са компаративном анализом и појашњењем њихових специфичности. У складу са широко прихваћеним терминолошким одредницама детаљно су приказане постојеће теоријске основе и модели везани за принципе позиционирања, навигације и теоријске основе метахеуристичких метода оптимизације, те на основу њих, одговарајуће на оригиналан начин прилагођене и унапређене моделе хибридног PSO-GA модела алгоритма које је кандидат, развио и прилагодио потребама истраживања током рада на дисертацији.

У *четвртом поглављу* кандидат приказује на детаљан и опширан начин конкретан приступ, методе и поставке нумеричког модела беспилотног ваздухоплова типа мултикоптер. Описани су реални проблеми аутономног позиционирања и одређивања оптималних путања у различитим контурним условима приликом маневра слетања. Проблеми су моделирани одговарајућим физичким и математичким моделима, те су употребом одговарајућег оригиналног хибридног мултикритеријумског и вишеслојног PSO-GA алгоритма генерисане оптималне путање.

Пето поглавље приказује техничке карактеристике беспилотне летелице типа квадрикоптер која је коришћена током експерименталне верификације. У овом поглављу изложен је емпиријски приступ и верификација добијених решења нумеричког приступа за реалне услове експлоатације. Извршена је верификација за различите почетне параметре лета при започињању слетања у унапред задатим просторним оквирима у реалним летним условима беспосадне платформе типа квадрикоптер.

У шестом поглављу на основу добијених резултата, дат је групни приказаних генерисаних и добијених резултата, кроз одговарајуће табеле и дијаграме. На основу презентованих резултата извршена је одговарајућа дискусија у вези добијених резултата и оцена добијених грешака и одступања са пратећим критичким освртом на сам ток истраживања и на његове резултате.

У седмом поглављу сумирани су спроведени поступци истраживања, изведени су завршни закључци који се односе на генерисане и добијене резултате и почетне хипотезе овог истраживања и дате су смернице за потенцијална будућа истраживања.

У осмом поглављу дат је списак референтне литературе која је коришћена током истраживања и за време израде докторске дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација под називом „Аутономно позиционирање и генерисање оптималних путања беспилотних ваздухопловних система при слетању ” кандидата **мр Драгана М. Раковића, дипл. инж. маш.**, представља савремен и оригиналан допринос у области ваздухопловства.

У оквиру истраживања и током израде дисертације примењене су савремене истраживачке методе, развијена су нова софтверска решења, унапређени су постојећи и формирано нови алгоритми и методе.

Емпиријским приступом експериментално су верификована нумеричка решења, методолошки приступ, примењене методе истраживања и полазне хипотезе докторске дисертације.

Део остварених резултата истраживања који су приказани у докторској дисертацији, верификовани су у врхунском међународном часопису са SCI листе категорије M21 и другим публикацијама.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Прегледом цитиране литературе, издвојене у поглављу Литература, закључује се да је кандидат **мр Драган М. Раковић, дипл. инж. маш.**, при изради дисертације користио литературу која је референтна и актуелна. У циљу систематизације резултата постојећих истраживања из области која је предмет дисертације, кандидат је навео значајне референце које за тему истраживања имају проблематику сличну теми докторске дисертације.

У докторској дисертацији коришћена је адекватна, савремена и релевантна литература из области везаних за проблематику беспилотних ваздухопловних система које су у вези теме докторске дисертације. Већина коришћене литературе је новијег датума и објављена у референтним научно-стручним часописима високог ранга, што потврђује савременост у приступу анализи проблема разматраних у докторској дисертацији. Део наведене литературе је кандидату служио као преглед стања у области истраживања, теоријске основе и остварена достигнућа из предметног истраживања у вези беспилотних ваздухопловних система.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

За реализацију постављених циљева истраживања коришћено је више адекватних научно-истраживачких метода. Примењене су следеће методе:

- библиографско истраживање;
- моделирање кретања беспилотне летелице типа квадрикopter приликом слетања;
- моделирање иновативног хибридног вишекритеријумског PSO-GA алгоритма;
- нумеричко симулирање слетања и удара;
- методе емпиријско-експерименталне верификације;
- методе квантитативне и квалитативне анализе;

3.4. Применљивост остварених резултата

Остварени резултати током истраживања приказани у оквиру докторске дисертације, осим научног значаја имају широк спектар практичне примене.

Остварени резултати примењиви су директно у сличним научним истраживањима и пружају значајан библиографски извор података и референтних резултата, али и у пракси за летелице истог типа одговарајућих конструктивних карактеристика.

Такође, остварени резултати пружају одговарајућу искуствену подлогу приликом решавања ове проблематике за беспилотне летелице овог типа или других типова и могу се сматрати од изузетног апликативног значаја.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Чланови комисије става су да је кандидат **мр Драган М. Раковић, дипл. инж. маш.** узимајући у обзир његов вишегодишњи научно-истраживачки рад, а посебно анагажовање током израде докторске дисертације, показао смисао, склоност и знање потребно за декомпозицију, анализу, синтезу и извођење закључака у решавању комплексних проблема истраживања. Кандидат је приказао способност да самостално решава сложене проблеме и да успешно овлада савременим научним сазнањима, као и теоријски и експерименталним методама.

Кандидат **мр Драган М. Раковић, дипл. инж. Маш,** је током истраживања и израде докторске дисертације демонстрирао оспособљеност за систематизацију резултата актуелних истраживања, формулисање физичких и математичких модела проблема у предметној ужој научној области, генерисање нумеричких модела, спровођење нумеричких и емпиријских експеримената и интерпретацију добијених резултата.

Резултати остварени током израде докторске дисертације доказ су компетентности кандидата за самостални научно – истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру рада на дисертацији „Аутономно позиционирање и генерисање оптималних путања беспилотних ваздухопловних система при слетању ” кандидат **мр Драган М. Раковић, дипл. инж. маш.**, је потврдио и проширио постојећа знања у области позиционирања и одређивања оптималних путања како беспилотних ваздухопловних система тако и ваздухопловних платформи у ширем смислу те речи а све према постављеним циљевима и хипотезама истраживања.

Остварени су следећи научни доприноси:

- Извршена је критичка ревизија актуелне референтне литературе сумирањем постојећих информација, резултата, идентификацијом празнина у постојећим истраживањима у оквиру предметне области сугерисани су потенцијални будући правци и смернице истраживања;
- Остварен је теоријски допринос у даљем развоју метахеуристичких метода оптимизације кроз унапређење алгоритма и употребу хибридног приступа PSO-GA вишеслојне и вишекритеријумске оптимизације;
- У методолошком смислу остварен је научни допринос кроз развој истраживачких поступака и процедура истраживања и компарације утицаја радних параметара функционалних компоненти беспилотног ваздухоплова типа мултикоптер на генерисање оптималних путања и њихово остваривање за различите контурне поставке окружења која симулирају реалне услове при слетању на непокретну и покретну слетну површ;
- Развијене су софтверске рутине за генерисање оптималних путања на бази алгоритма хибридне PSO-GA вишеслојне и вишекритеријумске оптимизације;

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Увидом у резултате истраживања спроведених у оквиру израде докторске дисертације кандидата **мр Драган М. Раковић, дипл. инж. маш.**, као на основу прегледа референтне и релевантне научне литературе и савремених библиографских извора из предметне области истраживања докторске дисертације, може се закључити да су методологија истраживања, коришћене нумеричке методе, експериментални приступи те методе за анализу и обраду података у докторској дисертацији актуелни и да представљају новину у датој области истраживања.

На основу до сада изложеног, Комисија констатује да су остварени резултати кандидата **мр Драган М. Раковић, дипл. инж. маш.**, научно утемељени и од изузетног значаја. Разматрањем постављених циљева истраживања, полазних хипотеза и остварених резултата приказаних у докторској дисертацији, може се констатовати да је кандидат успешно дао одговор на релевантна питања из проблематике истраживања.

Развијен приступ, алгоритама и унапређене методе током истраживања имају примењивост како у истраживањима која су слична предметном, тако и у истраживањима других техничко-технолошких али и друштвених научних области.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат **мр Драган М. Раковић, дипл. инж. маш.**, је током истраживања и израде докторске тезе публикувао и верификовао научне доприносе у једном врхунском међународном часопису категорије M21 и у другим публикацијама:

Научн рад у врхунском међународном часопису, категорије M21;

1. **Raković, D.**, Simonović, A., Grbović, A., Radović, L., Vorkapić, M., & Krstić, B.: *Fatigue fracture analysis of helicopter landing gear cross tube*, Engineering Failure Analysis, Vol 129, 2021, pp. 1-11. (ISSN 1350-6307, IF2021 3.634)

Научни рад саопштен на скупу међународног значаја, штампан у целини, категорије M33;

2. **Rakovic, D.**, Simonovic, A., Grbovic, A.: *UAV Positioning and Navigation-Review*, Proceedings of the International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies, CNN TECH 2020, Edited by Nenad Mitrovic, Goran Mladenovic and Aleksandra Mitrovic, Springer, ISBN 978-3-030-58361-3, pp. 220-256, Volume 153, 2020, DOI: 10.1007/978-3-030-58362-0_14

Научни рад саопштен на скупу међународног значаја, штампан у целини, категорије M34;

3. **Rakovic, D.**, Simonovic, A., Grbovic, A.: *Survey of UAV positioning and navigation methods and methodologies*, The Book of Abstracts – International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies - CNN TECH 2020, Zlatibor, Serbia, 29 June – 02 July 2020, ISBN 978-86-6060-042-6.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа и детаљне анализе докторске дисертације под називом „**Аутономно позиционирање и генерисање оптималних путања беспилотних ваздухопловних система при слетању**”, кандидата **мр Драгана М. Раковића, дипл. инж. маш.**, Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације констатује да урађена дисертација представља оригиналан научни допринос у ужој научној области ваздухопловство, да је дисертација написана према свим стандардима научно-истраживачког рада и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да прихвати овај Извештај, да дисертацију „**Аутономно позиционирање и генерисање оптималних путања беспилотних ваздухопловних система при слетању**”, кандидата **мр Драгана М. Раковића, дипл. инж. маш.**, заједно са овим Извештајем стави на увид јавности у складу са законским одредбама, и да потом целокупни материјал упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 04.12.2024.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Александар Бенгин, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Мирко Динуловић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Огњен Пековић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Горан Воротовић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Бранимир Крстић, ванредни професор, Војна
академија, Универзитета Одбране