

Универзитет у Београду
Саобраћајни факултет
Наставно – научном већу

Предмет: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Андрије Видосављевића, дипл.инж

Одлуком бр. 306/3 од 09.05.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Андрије Видосављевића, дипл.инж под насловом:

“Управљање путањама ваздухоплова у контроли летења на пре-тактичком и тактичком нивоу”

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- 09. 06. 2011. – Пријава теме докторске дисертације Наставно – научном већу;
- 21. 06. 2011. – Наставно – научно веће формирало Комисију за оцену подобности кандидата и теме;
- 11. 07. 2011. – Наставно – научно веће прихватило позитивну оцену Комисије за оцену подобности кандидата и теме;
- 26. 09. 2011. – Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало сагласност на предлог теме докторске дисертације;
- 15. 10. 2013. – Наставно – научно веће прихватило захтев за продужетак рока за израду докторске дисертације за годину;
- 15.04. 2014. – Предаја завршене докторске дисертације уз захтев Наставно – научном већу за почетак поступка за оцену и одбрану;
- 07.05. 2014. – Наставно – научно веће формирало Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.

Докторске студије на Универзитету у Београду-Саобраћајном факултету уписао је школске 2007/2008. године и у оквиру њих положио испите и одбранио предлог истраживања у оквиру дисертације како је предвиђено наставним планом и програмом.

1.2. Научна област дисертације

Тема докторске дисертације припада научној области „Саобраћајно инжењерство“, а ужој научној области „Аеродроми и безбедност ваздушне пловидбе“ за коју је матичан

Саобраћајни факултет. Дисертација је урађена под коменторством Проф. др Војина Тошића, редовног професора (у пензији) Универзитета у Београду, Саобраћајни факултет и Професора др. Даниела Делаже (Daniel Delahaye), The French Civil Aviation University (ENAC), Toulouse, France.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Образовање

Андрија Видосављевић је рођен 8. новембра 1982. године у Бољевцу, где је завршио основну школу (1997) и средњу економску школу (2001). Носилац је Вукове дипломе и титуле ђака генерације у основној школи. Током основног и средњошколског школовања био је учесник многобројних општинских, окружних и републичких такмичења из математике, физике и рачунарства, на којима је и освојио велики број награда од којих су најзначајније: 2. место на републичком такмичењу из Информатике одржаном у Ужицу 2001. године, 3. место на републичком такмичењу из Математике одржаном у Ваљеву 1998. године. Године 1999. похађао је информатички курс у истаживачкој станици „Петница“.

Саобраћајни факултет Универзитета у Београду (Одсек за ваздушни саобраћај) је уписао школске 2001/02. године. Дипломирао је у септембру 2007. на тему “Qualitative Analysis of Selected Current Separation Standards for RESET Project Needs,, са оценом 10 (дипломски рад је рађен у оквиру међународног пројекта “RESET – Reduced Separation Minima,, у оквиру 6-ог оквирног програма Европске комисије под менторством Проф. др Војина Тошића). У току студија остварио је просечну оцену 9,40.

Након завршених академских студија, школске 2007/08 уписао је докторске студије на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду и био је први уписани студент докторских студија по новом студијском програму на Саобраћајном факултету. Добитник је стипендије Министарства просвете и спорта Републике Србије, Фондације за развој научног и уметничког подмлатка (2007-2010). Фондација је финансирала и студијске трошкове на Саобраћајном факултету и Факултету организационих наука на којима је кандидат похађао курсеве. Положио је све курсеве (5 курсева на Саобраћајном факултету и 4 курса на Факултету организационих наука) и сакупио 75 ЕСП бодова од 70 предвиђених планом и програмом.

Запослење

Током докторских студија, био је ангажован као сарадник на пројекту “ RESET - Reduced Separation Minima” од септембра 2007 до јула 2010. Од 2011, као истраживач сарадник је члан истраживачког тима Здружене катедре за експлоатацију ваздухоплова и планирање и организацију ваздушног превозења и катедре за аеродроме и безбедност ваздушне пловидбе. Израда доктората финансирана му је од стране Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије кроз пројекат Саобраћајног факултета (ТР36033). До децембра 2013 године био је запослен на Саобраћајном факултету као истраживач-сарадник. Током више од шест година проведених на Саобраћајном факултету био је ангажован у настави (вежбе) на Одсеку за ваздушни сабраћај на предметима: Контрола летења, Ваздухопловни радионавигациони уређаји и средства и Ваздухопловна метеорологија. Од јануара 2014 почео је да ради на ENAC-у (Ecole Nationale de l’Aviation Civile), Тулуз, Француска, као истраживач на међународном пројекту у оквиру 7-ог оквирног програма Европске комисије.

Усавршавање

У периоду јун-јул 2007, кроз програм размене студената IAESTE (International Association for Exchange of Students for Technical Experience), обавио је стручну праксу у AENA-и (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea) у одељењу за развој навигационих система, Мадрид, Шпанија.

У периоду фебруар-април 2011 боравио је у Лабораторији за примењену математику на ENAC-у, Тулуз, Француска, где је изучавао методе стохастичке оптимизације за примену на проблему управљања саобраћајним токовима. У истој институцији је боравио и од јуна до августа 2013. Током тог боравка радио је на развоју оптимизационог модела за управљање путањама ваздухоплова као дела финалне израде докторске дисертације. Оба боравка су реализована у оквиру уговора о сарадњи у области истраживања (израда докторских дисертација, међународних пројеката итд.) који је потписан између ENAC-а и Саобраћајног факултета, Катедра за аеродроме и безбедност ваздушне пловидбе.

Учествовао је на више радионица и курсева из области Ваздушног саобраћаја:

- Курс GEN-SPACE (ATC familiarization simulation), организован од стране EUROCONTROL-а, CRDS (Central European Research, Development and Simulation), Будимпешта, Мађарска, новембар 2007.
- “The Workshop in Fundamentals of Risk Analysis and Safety Assessment of Air Traffic Operations” у организацији Катедре за аеродроме и безбедност ваздушне пловидбе Саобраћајног факултета и NLR (Air Transport Safety Institute of National Aerospace Laboratory, The Netherlands), Београд, октобар 2009.
- “The Summer School on Air Transport Economics” у организацији Катедре за аеродроме и безбедност ваздушне пловидбе Саобраћајног факултета и GARS-а (German Aviation Research Society), Београд, септембар 2009.
- “Volcanic Ash Crisis 2010”, у организацији Катедре за аеродроме и безбедност ваздушне пловидбе Саобраћајног факултета и подршку EUROCONTROL-а, Београд, септембар 2010.
- “ATACCS'2012”, научни скуп на тему аутоматизације управљања и контроле система, у организацији HALA! истраживачке мреже, Империјал колеџ, Лондон, Велика Британија, мај 2012.
- “Automation of air traffic processes and air transportation systems”, у организацији Катедре за аеродроме и безбедност ваздушне пловидбе Саобраћајног факултета и Швајцарског института за технологију (ETH Zürich), Београд, јун 2013.

Пројекти и студије

Учествовао је изради следећих стручних и научних пројеката:

- “Млади људи – нове идеје” (Trend Group – Young People III: Nis Regional Development) пројекат Развојног програма Уједињених нација (UNDP) финансиран донацијом Краљевине Норвешке, а подржан од стране Министарства за рад и социјалну политику Републике Србије и Министарства спољних послова Краљевине Норвешке, Институт Саобраћајног факултета, Београд, септембар 2005 – мај 2006, Клијент: NAR Consulting AS, Норвешка.
- “Reduced Separation Minima (RESET)”, пројекат 6-ог оквирног програма Европске комисије, Институт Саобраћајног факултета, Београд, септембар 2007 – јул 2010, Клијент: Европска комисија.

- “Анализа могућности унапређења процедура слетања на Аеродром Константин Велики, Ниш”, студија, Институт Саобраћајног факултета, Београд, мај-октобар 2008. Клијент: Аеродром „Константин Велики“, Ниш.
- “Предлог метода за вредновање сценарија система ваздушног саобраћаја у Србији (превозиоци, аеродроми и контрола летења), са аспекта безбедности, ефикасности, економичности и утицаја на животну средину” (евиденциони бр. 15023, финансиран од стране Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије). Институт Саобраћајног факултета, Београд, април 2008 – мај 2011.
- “Подршка одрживом развоју система ваздушног саобраћаја Републике Србије” (евиденциони бр. 36033, финансиран од стране Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије). Институт Саобраћајног факултета, Београд, јануар 2011 – децембар 2015.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Дисертација се састоји од увода и четири поглавља на укупно 115 страница са списком референтне литературе од 102 јединице на 10 страница. Оваква структура дисертације је омогућила да се комплексна материја која се односи како на истраживани проблем тако и на понуђено решење изложи на релативно једноставан начин.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Уводно поглавље разматра и даје критички осврт на стање истраживања у области управљања токовима у ваздушном саобраћају у условима када потражња превазилази расположиви капацитет појединих делова ваздушног простора и/или аеродрома. Посебно се дискутује потреба за балансираним коришћењем расположивих капацитета елемената инфраструктуре (сектора, терминала и аеродрома), као и усклађеност планова развоја ових елемената са прогнозираном потражњом. Анализира се постојећи начин решавања овог проблема који примењује EUROCONTROL и указује на постојећа ограничења. Даје се свеобухватан приказ литературе која се бави овом проблематиком, као и проблемом управљања 4Д трајекторијама авиона у будућем АТМ (Air Traffic Management) систему. На овај начин су дефинисани предмет рада (управљање 4Д трајекторијама авиона у будућем АТМ систему на пре-тактичком и тактичком нивоу планирања) и циљеви ове докторске дисертације (проширење постојећих модела и предлог новог модела за генерисање робусних бесконфликтних 4Д трајекторија авиона на пре-тактичком и тактичком нивоу планирања у будућем АТМ систему). У овом поглављу се даје и приказ структуре рада.

У другом поглављу предлаже се и детаљно приказује у ту сврху развијени модел за генерисање робусних бесконфликтних 4Д трајекторија авиона у будућем АТМ систему на пре-тактичком и тактичком нивоу планирања. Ово поглавље има осам делова.

У првом делу дефинише се проблем који се истражује у дисертацији, тј. како у одређеном делу ваздушног простора генерисати скуп 4Д трајекторија авиона које нису у конфликту од полазне тачке (аеродром полетања или тачка на улазу у посматрани ваздушни простор за авионе у прелету) па све до одредишне тачке (аеродром слетања или тачка на излазу из посматраног ваздушног простора за авионе у прелету) тако да добијено решење представља компромис између две супростављене критеријумске функције: максимизација укупне робусности решења са једне стране и минимизација укупних додатних трошкова који настају као последица одступања генерисане од оптималне трајекторије авиона, са друге стране.

У другом делу робусност решења се дефинише преко интеракције две трајекторије авиона у тачки укрштања или тачки најмањег растојања између трајекторија CPA (Closest Point of Approach). Као мера робусности решења предложено је време интеракције авиона у тачки укрштања или тачки најмањег растојања између трајекторија које је дефинисано као временска разлика између доласка два авиона у тачку пресека или CPA њихових трајекторија. Што је ова временска разлика већа то је интеракција између ова два авиона мања, па је решење робусније (способно да амортизује евентуална одступања од планираних времена доласка авиона у тачку укрштања или CPA трајекторија која могу настати као последица поремећаја у реализацији 4Д трајекторије: кашњења у полетању, промене брзине током лета итд. У супротном што је ова временска разлика мања то је интеракција између ова два авиона већа, па је решење мање робусно, тј. више је осетљиво на евентуалне поремећаје.

У трећем делу дефинишу се границе посматраног система (дела ваздушног простора у коме треба генерисати скуп робусних 4Д трајекторија авиона које нису у конфликту), као и границе ваздушног простора у хоризонталној и вертикалној равни око номиналне (оптималне) трајекторије авиона у којима се могу генерисати алтернативне трајекторије авиона.

У четвртном делу приказан је модел за генерисање оптималне и алтернативних трајекторија авиона који се предлаже у дисертацији. Модел се заснива на концепту хомотопије две непрекидне (континуалне) референтне функције за које се даје математичка формулација. У овом делу се илуструје и начин на који је хомотопија искоришћена за генерисање оптималне и ограниченог скупа алтернативних трајекторија авиона.

У петом делу дефинисана је критеријумска функција за проблем одређивања бескофликтних 4Д робусних трајекторија авиона. Критеријумска функција представља збир додатних трошкова (трошак кашњења авиона на земљи пре полетања, трошак кашњења током самог лета, трошак промене нивоа лета и трошак интеракције авиона у тачки пресека или CPA трајекторија) који настају као резултат одступања генерисаних од оптималних 4Д трајекторија авиона при одређивању робусних решења.

У шестом делу описане су претпоставке под којима је проблем одређивања бескофликтних 4Д робусних трајекторија авиона решаван и које су коришћене у развијању оптимизационог модела.

У седмом делу развијен је математички оптимизациони модел за одређивање оптималних робусних бескофликтних 4Д трајекторија авиона које су «отпорне» на непланиране поремећаје у извршењу реда летења у будућем АТМ систему на пре-тактичком и тактичком нивоу планирања. Предложени математички модел припада класи вишекритеријумских оптимизационих модела.

У осмом делу анализирана је комплексност и димензије предложеног вишекритеријумског оптимизационог модела. Показано је да припада групи НП-тешких проблема за чије се решавање, у случају већих димензија, користе углавном метахеуристике.

У трећем поглављу дато је образложење за избор симулираног каљења, метахеуристичког метода, за решавање дефинисаног НП-тешког вишекритеријумског оптимизационог проблема. Такође је описано како је симулирано каљење искоришћено у овом конкретном случају.

У четвртом поглављу илустрована је примена предложеног вишекритеријумског оптимизационог модела. Примена предложеног приступа је илустрована и коментарисана на два примера: академски тест пример малих димензија (оптимално решење добијено путем енумерације) и пример великих димензија из реалног система (решен применом метахеуристичког метода симулираног каљења), у коме је посматран реализовани дневни саобраћај у ваздушном простору Француске (три вршна сата са 1755 летова). У оба примера дефинисано је више сценарија (референтни, бесконфликтни, сценарији са различитим унапред задатим нивоима робустности итд). Такође је извршена и анализа осетљивости робустности решења на претпостављене поремећаје у извршењу реализованог саобраћаја. На крају овог поглавља дат је приказ CPU времена за проналажење решења.

У петом поглављу се указује на могућности примене предложеног приступа и на правце даљих истраживања.

Шесто поглавље садржи веома концизне закључке дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Дисертација представља оригинални допринос решавању проблема генерисања робусних бесконфликтних 4Д трајекторија авиона у будућем АТМ систему на пре-тактичком и тактичком нивоу планирања који представља веома актуелан саобраћајни проблем у Европи и шире.

Избор теме је један од основних квалитета и доприноса дисертације. Допринос је заснован на познавању резултата досадашњих истраживања у овој области на која се ослања, уз оригинални предлог увођења у разматрање робустности решења и додатних укупних трошкова реализације летова који настају при генерисању робусних бесконфликтних 4Д трајекторија авиона.

Резултати до којих се дошло у дисертацији указују да је са релативно малим повећањем укупних планираних трошкова генерисаних трајекторија у односу на оптималне трајекторије авиона могуће повећати робустност предложеног решења, а тиме и повећати „отпорност“ на непредвиђене поремећаје који могу настати при одвијању саобраћаја у реалним условима. С друге стране, повећање укупних планираних трошкова услед повећања робустности решења може при реализацији саобраћаја довести до смањења додатних трошкова, који би настали услед утицаја евентуалних поремећаја на неробусно решење, што на крају може довести до тога да се саобраћај реализује уз мање укупне трошкове.

Допринос дисертације се заснива и у оригиналном предлогу увођења мере робустности добијеног решења, хомотопије за генерисање робусних бесконфликтних 4Д трајекторија авиона у хоризонталној равни и генерисање алтернативних трајекторија у вертикалној равни.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У дисертацији је дат свеобухватни приказ и критички осврт на референтну и коришћену литературу.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Предложена метода моделирања генерисања робусних бесконфликтних 4Д трајекторија авиона у будућем АТМ систему на пре-тактичком и тактичком нивоу представља адекватан избор и употребу научних метода.

3.4. Применљивост остварених резултата

На нумеричким примерима је показано да је предложени модел употребљив за генерисање робусних бесконфликтних 4Д трајекторија авиона у будућем АТМ систему на пре-тактичком и тактичком нивоу планирања.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу горе изнете оцене дисертације може се оценити да је кандидат несумњиво показао способност за самостални научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос дисертације се састоји у следећем:

1. Препознавању потребе да се моделира уочени процес; концептуалном моделу процеса; усвојеној методи моделирања; детаљној структури модела; демонстрацији коришћења модела на примерима што указује на применљивост модела.
2. Резултати истраживања односно предложени нови модел за генерисање робусних бесконфликтних 4Д трајекторија авиона на пре-тактичком и тактичком нивоу планирања и нови резултати који су добијени могу се оценити као веома успешни у условима који се очекују у будућем АТМ систему.
3. Предложене модификације постојећих конвенцијалних модела за генерисање бесконфликтних 4Д трајекторија авиона и предложено увођење и тумачење концепта робусности решења, хомотопије за генерисање 4Д трајекторија и укупних додатних трошкова генерисаних трајекторија у односу на оптималне у предложени модел у овој дисертацији могу се оценити као значајан научни допринос.
4. Коришћење предложеног модела могло би да утиче на даљи развој и иновације у области генерисања бесконфликтних 4Д трајекторија авиона на пре-тактичком и тактичком нивоу планирања у будућем АТМ систему.

Део резултата истраживања у оквиру области генерисања трајекторија авиона коју третира ова дисертација кандидат је објављивао и саопштавао, што је приказано у тачки 4.3 овог извештаја.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Научни доприноси наведени у тачки 4.1 представљају унапређење научних знања у поређењу са постојећим стањем у коме се генеришу углавном бесконфликтне 4Д трајекторије авиона, док се у дисертацији предлаже увођење и показатеља робусности решења као мере квалитета добијеног решења (способности да се амортизују евентуални поремећаји у извршењу летова који се не могу предвидети у реалним условима) уз истовремену оцену додатних укупних трошкова који настају при оваквом решењу. Такође се предлаже и увођење разматрања различитих нивоа робусности решења и припадајућих додатних укупних трошкова у процес доношења одлуке при избору решења које ће се применити.

4.3. Верификација научних доприноса

Део резултата истраживања у оквиру области управљања трајекторијама авиона коју третира ова дисертација кандидат је објављивао и саопштавао и то:

Категорија M21:

1. Netjasov F., **Vidosavljevic A.**, Tosic V., Everdij M., Blom H.: Development, validation and application of stochastically and dynamically coloured Petri net model of ACAS operations for safety assessment purposes, - *Transportation Research Part C*, vol. 33, 2013, pp. 167-195. (IF=2.006) (ISSN: 0968-090X).

Категорија M33:

1. Netjasov F., **Vidosavljevic A.**, Tosic V., Blom H.: "Systematic Validation of a Mathematical Model of ACAS Operations for Safety Assessment Purposes", -*Proceedings of the 9th FAA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar*, Berlin, Germany, 2011, pp. 12 (CD издање).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Комисија закључује да докторска дисертација под називом **“Управљање путањама ваздухоплова у контроли летења на пре-тактичком и тактичком нивоу”** кандидата Андрије Видосављевића, дипл.инж, у потпуности задовољава критеријуме који важе за ову врсту дела. Она представља оригинални научни допринос у области ваздушног саобраћаја која се односи на управљање трајекторијама авиона. Научни допринос је остварен кроз успешно моделирање проблема генерисања робусних бесконфликтних 4Д трајекторија авиона у будућем АТМ систему на пре-тактичком и тактичком нивоу планирања. Очекује се коришћење добијених резултата у пракси.

Комисија такође закључује да је кандидат Андрија Видосављевић, дипл.инж показао способност за самостални научно-истраживачки рад.

Комисија предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом **“Управљање путањама ваздухоплова у контроли летења на пре-тактичком и тактичком нивоу”** кандидата Андрије Видосављевића, дипл.инж прихвати и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Комисија:

Проф. др Обрад Бабић,
редовни професор, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

Prof. dr Daniel Delahaye,
The French Civil Aviation University (ENAC), Toulouse, France

Др Феђа Нетјасов,
доцент, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

Др Радосав Јовановић,
доцент, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

Проф. др Мирјана Чангаловић,
редовни професор, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука