

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Образац 1.

1280/4
(Број захтева)

Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)

12.07.2018.
(Датум)

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

СИНТЕЗА АЛГОРИТАМА НАВИГАЦИЈЕ И ВОЂЕЊА ПРОЈЕКТИЛА ЗАСНОВАНИХ НА
МАШИНСКОМ УЧЕЊУ (MISSILES GUIDANCE NAVIGATION AND CONTROL ALGORITHMS DESIGN
BASED ON MACHINE LEARNING)

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Аутоматско управљање

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: SAIF AL AMERI

2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: American University in Dubai

3. Година дипломирања: 2013. (BSc), 2015. (MSc.), Машински факултет Београд

4. Назив магистарске тезе кандидата: _____

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____

6. Година одбране магистарске тезе: _____

7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____ / _____

Година уписа докторских студија: 2015.

Обавештавамо Вас да је _____ Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 12.07.2018.

размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Радивоје Митровић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 1280/4
Датум: 12.07.2018. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Saif Al Ameri**, MSc., бр. 1280/1 од 28.05.2018. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Драган Лазић, ред. проф., др Милан Ристановић, ванр. проф., др Ивана Тодић, доц., др Марко Милош, ред. проф. и др Жарко Ћојбашић, ред. проф., Универзитет у Нишу, Машински факултет, број 1280/3 од 06.07.2018. године, а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 12.07.2018. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **SAIF AL AMERI**, MSc. испуњава услове за израду докторске дисертације **«СИНТЕЗА АЛГОРИТАМА НАВИГАЦИЈЕ И ВОЂЕЊА ПРОЈЕКТИЛА ЗАСНОВАНИХ НА МАШИНСКОМ УЧЕЊУ (MISSILES GUIDANCE NAVIGATION AND CONTROL ALGORITHMS DESIGN BASED ON MACHINE LEARNING)»**.

За ментора студенту **SAIF AL AMERI**, именује се **др Драган Лазић, ред.проф.**

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата за израду докторске дисертације студента докторских студија **Saif Al Ameri, M.Sc, дипл.инж.маш.**

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета бр. 1280/2 од 14.06.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата, студента докторских студија **Saif Al Ameri, M.Sc, дипл.инж.маш.** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под насловом

Синтеза алгоритама навигације и вођења пројектила заснованих на машинском учењу
(Missiles Guidance Navigation and Control Algorithms Design Based on Machine Learning)

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

SAIF AL AMERI
P.O. BOX 7191, SHARJAH, UNITED ARAB EMIRATES
050-4819747
ALAMERISS@GMAIL.COM
NATIONALITY: UNITED ARAB EMIRATES
DATE OF BIRTH: APRIL 6TH 1988

ЦИЉ

Мој животни циљ је да се стално развијам. Развој може бити академски или лични. Најважније за мене је да увек будем спреман и да искористим сваку прилику и сву моју снагу да направим нешто другачије у УАЕ.

ОБРАЗОВАЊЕ

Oct 2015 – до сада	Машински факултет Универзитета у Београду ■ PhD in Mechanical Engineering ■ Proposed Thesis: Missiles Guidance Navigation and Control Algorithms Design Based on Machine Learning ■ Expected Graduation: September 2018	Београд, Србија
Oct 2013 – June 2015	Машински факултет Универзитета у Београду ■ Master of Science in Mechanical Engineering ■ Specialized in Weapon Systems - GNC	Београд, Србија
Sep 2010 – May 2013	American University in Dubai ■ Bachelor of Science in Electrical Engineering ■ Graduation Award - Magna Cum Laude ■ GPA: 3.88 (Six semesters in AUD) ■ Dean's list Fall 2010 ■ Dean's List Spring 2011 ■ Dean's List Fall 2011 ■ Dean's List Fall 2012 ■ Dean's List Spring 2013	Dubai, UAE
Aug 2006 - Dec 2009	Purdue University ■ Was Enrolled in Electrical Engineering ■ Semester Honors Fall 2008	Indiana, USA
Aug 2005 – July 2006	University of Pennsylvania ■ English Language Program	Philadelphia, USA

ИСКУСТВО

July 2013 - Present	Emirates Advanced Research and Technology Holding ■ Senior Guidance Navigation Control Engineer	Abu Dhabi, UAE
Jan 2013 – May 2013	American University in Dubai (AUD) ■ Power Lab Assistant	Dubai, UAE
May 2012 – May 2013	IEEE Student Branch at AUD ■ Vice President	Dubai, UAE
Jan 2012 – May 2013	Mobile Technology (MobiTech) Club at AUD ■ President ■ Cofounder	Dubai, UAE
June 2012 – Aug 2012	Dubai Aluminum Company (DUBAL) ■ Instrumentation Maintenance Department Intern	Dubai, UAE
Sept 2011 - June 2012	American University in Dubai ■ Google Student Ambassador	Dubai, UAE
Mar 2012	American University in Dubai ■ Engineering Student's Open Day Organizer	Dubai, UAE
Mar 2011	ILM Level 2 Award ■ Team Leading	RAK, UAE

КОМПЈУТЕРСКЕ СПОСОБНОСТИ

- Programing
- MATLAB and Simulink
 - C, C++, C#
 - Arm7 with μ Vision IDE
 - Arduino
 - Basic Java and Android
 - Assembly for 8085 Microprocessor.

ЈЕЗИЦИ

- Arabic (Fluent)
- English (Fluent)
- Cantonese (Can speak the basics but cannot write or read)

ДОДАТНЕ АКТИВНОСТИ

May 2013	Renewable Energy Competition 2013 (ESREC) ■ Self Energized Smart Vision Stick ■ 1st Place Award.	UAE University
May 2013	8th IEEE Student Day. ■ Self Energized Smart Vision Stick	Sharjah University
Sept 2012	Orientation Leader	AUD
July 2012	International Renewable Energy Paper.	Online
May 2012	Renewable Energy Competition 2012 (ESREC) ■ Motion Powered Night Jacket ■ 2nd Place Award.	UAE University
May 2012	7th IEEE Student Day ■ Bluetooth Security Door	HCT
Mar 2012	2012 Gulf Programming Contest.	Khalifa University
May 2011	6th IEEE Student Day ■ Engineering Design Project	Khalifa University
Mar 2011	2011 First Gulf Programming Contest.	Sharjah University

- Програмирање
- Читање о последњим технологијама
- Дискутовање идеја, научних чињеница, технологија
- Слушање едукативних радио програма
- Понекад фудбал, пливање и тенис
- Повремено подизање тегова и трчање
- Гледање филмова и ТВ серија.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Saif Al Ameri, M.Sc, дипл.инж.маш. се уписао на Докторске студије Машинског факултета – Универзитет у Београду, школске 2015/2016 године и по програму ових студија, током прва четири семестра остварио је следеће резултате.

	Предмет	професор	оцена
1.	Advanced linear systems	в.проф. др Милан Ристановић	10 (ten)
2.	Automatic Control of Dynamic Systems	проф. др Драган Лазић	10 (ten)
3.	Analytical methods for engineering design	проф. др Бојан Бабић	10 (ten)
4.	Advanced Numerical Methods	проф. др Златко Петровић	10 (ten)
5.	Research and publication - I	проф. др Бојан Бабић	10 (ten)
6.	Thrust Vector Control Systems	проф. др Марко Милош	10 (ten)
7.	Advanced Topics in Actuating Systems	проф. др Марко Милош	10 (ten)
8.	Fractional calculus with applications in engineering	проф. др Михаило Лазаревић	10 (ten)
9.	Research and publication - II	проф. др Марко Милош	10 (ten)
10.	Navigation Systems	в.проф. др Милан Ристановић	10 (ten)
11.	Guidance Systems	проф. др Драган Лазић	10 (ten)
12.	Research and publication - III	в.проф. др Милан Ристановић	10 (ten)
13.	Research and publication - IV	проф. др Драган Лазић	10 (ten)

Списак објављених радова

1. Saif Alameri, Dragan Lazic, Milan Ristanovic, “**A Comparative Study of PID, PID With Tracking, and FPID Controller for Missile Canard with an Optimized Genetic Tuning Method Using Simscape Modelling**”, Tehnički vjesnik – Technical Gazette, 2018, прошао рецензије, у даљој процедури.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Saif Al Ameri, M.Sc, дипл.инж.маш., студент докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, завршио је Мастер академске студије и стекао звање Дипломирани машински инжењер – Мастер, такође на Машинском факултету Универзитета у Београду, 2015. године. Током докторских студија положио је 9 предмета и стекао 50 ESPB бодова, док је кроз лабораторијско истраживачки рад стекао 75 ESPB бодова. Са укупно сакупљених 125 ESPB бодова и одбраном Пројекта идеје дисертације стекао је услов за пријаву докторске дисертације.

Кандидат има један рад у међународним часописима, који је прошао све рецензије и тренутно се налази у даљој процедури, али још увек није ушао у процедуру штампања нити има DOI број.

Кроз положене предмете и лабораторијски рад у областима које кандидат примењује у свом истраживању током докторских студија, као и кроз истраживачки рад на претходном нивоу школовања у оквиру мастер студија, кандидат је у потпуности уведен у проблематику докторске дисертације. Тиме су се стекли како формални, тако и објективни услови за наставак рада на докторској дисертацији под предложеним насловом.

О Б Р А З Л О Ж Е Њ Е Д И С Е Р Т А Ц И Ј Е

Saif Al Ameri, M.Sc, дипл.инж.маш.

Синтеза алгоритама навигације и вођења пројектила заснованих на машинском учењу

(Missiles Guidance Navigation and Control Algorithms Design Based on Machine Learning)

2. Увод, предмет и оправданост истраживања

Под термином система вођења и управљања пројектила подразумева се систем намењен за реализацију задате мисије лета (дефинисане као програмирана трајекторија лета у референтном координатном систему) и за стабилизацију кинематских параметара лета (угаоне оријентације и компоненти транслаторних брзина у односу на референтни координатни систем). Део намењен за реализацију првог задатка се дефинише као систем вођења, а део одговоран за други задатак се означава као аутопилот.

Праћење реализације задате мисије се врши преко контроле позиције пројектила у датом тренутку времена и генерисањем одговарајућих команди аутопилоту намењених за корекцију одступања. Основну информацију о положају пројектила обезбеђује интегрисани навигациони систем. Он најчешће представља готов уређај расположив на тржишту, у коме су интегрисани инерцијални навигациони систем (INS) и систем глобалног сателитског позиционирања (GPS или GLONASS).

Као основна хардверска компонента инерцијалног навигационог система користи се инерцијална мерна јединица (IMU), која се састоји од одговарајућег броја жироскопа и акцелерометара, који су некада представљали механичке компоненте, а развојем технологија до нивоа микро електро механичких система (MEMS) данас су они смештени у један чип.

MEMS-ови као сензори за одређивање просторне оријентације, угаоне оријентације и компоненти транслаторних брзина у односу на референтни координатни систем, не обезбеђују самостални високо прецизни рад, па је то основни разлог њихове интеграције са GPS-ом. Међутим, поставља се питање шта се дешава у случају губитка GPS сигнала, када се тај интегрисани систем ослања само на сигнале са жироскопа и акцелерометара. Жироскопи и акцелерометри који су уграђени у MEMS-ове су недовољних тачности и директно коришћење мерених сигнала са њих доводи до великих грашака.

Основне грешке акцелерометара су:

- Мерени шум (случајна адитивна грешка)
- Одступање (bias) при мерењу негравитационог убрзања
- Фактор појачања (калибрациона грешка – scale factor error)
- Несаосност мерних оса са осам платформе (alignment error)
- Неортогоналност мерних оса
- Нелинеарност – одступање од номиналних линеарних улазно/излазних карактеристика

Грешке жироскопа:

- Мерени шум (случајна адитивна грешка)
- Одступање (drift) при мерењу угаоних брзина
- Фактор појачања (калибрациона грешка – scale factor error)

- Несаосност мерних оса са осама платформе (alignment error)
- Неортогоналност мерних оса
- Нелинеарност – одступање од номиналних линеарних улазно/излазних карактеристика
- G-sensitivity грешка при мерењу услед присуства сила у смеру управном на мерну осу жирокопа

Из тог разлога је потребно вршити процене, естимације, бројних параметара у оквиру мерених и рачунатих сигнала. Један од најчешће коришћених начина за естимацију тих параметара је примена Калмановог филтра одговарајућег реда, у зависности колико параметара се естимира. Најчешће је то Калманов филтер шестог реда где се естимирају грешке брзине и грешке позиције, а корекције се врше на бази GPS сигнала када је он расположив. У периодима када долази до прекида GPS сигнала излазни подаци из инерцијалног навигационог система неупоредиво су бољи када се користи наведени естиматор, Калманов филтер, него када се користе само сигнали са MEMS-а, који је из наведених разлога недовољно тачан за самостално одређивање просторног положаја ракете.

Предмет истраживања у овом раду је естимација параметара инерцијалног навигационог система машинским учењем базираним на неуронским мрежама.

Машинско учење постало је једно од најпопуларнијих метода у савременим технологијама. Велике компаније као што су Google, Microsoft, Apple доминантно користе машинско учење за своје апликације. Разлог за то је што се показало да машинско учење има велики потенцијал у решавању инжењерских проблема који се иначе теже решавају на неке друге начине. На пример, за препознавање лица и анализе садржаја углавном се користи машинско учење, будући да је она показало много боље резултате од других приступа.

Сврха овог истраживања је да се провере потенцијалне предности машинског учења у апликацијама аутономних система, као што су вођени пројектили. Прецизније, ова теза ће да се фокусира на истраживања да ли машинско учење може да се употреби у интеграцији INS-а са GPS-ом у интегрисани навигациони систем код управљаних пројектила. Разлог за коришћење машинског учења за овакве потребе је тај што се за машинско учење доказало да може да нађе законитости у наизглед случајним процесима и системима. Обучавајући машину да истовремено користи GPS и INS податке, покушавамо да дођемо до резултата који потенцијално могу да се користи у INS/GPS интегрисаним навигационим системима за управљање пројектила.

Циљ овог истраживања је да се машинско учење искористи да би се урадила INS/GPS интеграција. Ово истраживање ће да буде фокусирано на коришћењу неуронских мрежа за ту интеграцију. Перформансе INS/GPS интеграције помоћу неуронске мреже, као естиматора, ће да буду упоређене са Калмановим филтером као естиматором за наведену интеграцију. Калманов филтер је изабран као референца за упоређивање будући да је он један од најзаступљенијих метода за ову интеграцију, посебно у ракетним системима. Након тих упоређивања и њихове анализе биће могуће донети суд о одрживости INS/GPS интеграције неуронским мрежама и њиховим ограничења.

3. Методологија истраживања

Будући да је ракета динамички аутономни систем, неопходно је да она буде врло прецизно математички моделована без било каквих упрошћавања која су неверодостојна реалном моделу, па се самим тим захтева математички модел који описује све нелинеарне и

нестационарне карактеристике пројектила. Самим тим сва истраживања треба да буду спроведена на нелинарном нестационарном математичком моделу пројектила.

Симулација динамичког понашања пројектила, на бази његовог математичког модела, треба такође да буде врло прецизно изведена. Simulink окружење из програмског пакета Matlab ће да буде коришћено за симулацију лета пројектила. Да би се моделовало окружење у коме се испитују динамичке карактеристике пројектила користиће се WGS84 модел за референтни координатни систем. Атмосферски модел COESA ће да буде коришћен за модел варирања ветра, густине, притиска и температуре у зависности од надморске висине. Матрице трансформације треба да обухвате и Кориолисове корекције како би се укључио и утицај ротације Земље.

Након математичког модела окружења у коме лети пројектил, потребно је урадити и модел пропулзије пројектила. Поред одређивања силе потиска потребно је у модел укључити и утицај момента услед несаосности мотора (misalignment).

У модел је поред свега тога потребно укључити и структурне карактеристике пројектила у смислу променљиве масе, момената инерције, аеродинамичких сила и момената.

За IMU треба моделовати MEMS – ADIS 16488, компаније Analog Devices, који се састоји од 3 жироскопа, 3 акцелерометра, 3 магнетометра и једног барометра. Након математичког модела тог MEMS-а потребно је да се моделује и алгоритам INS-а

Када се симулацијом добију процењени излазни подаци INS-а, уз излазне податке моделованог GPS система, Калмановим филтром извршиће се њихова интеграција у интегрисани навигациони систем, што представља традиционални приступ. Овако симулирани подаци, традиционално, ће да служе као одредишни квалитет за овај рад. Резултати добијени традиционалним приступом и приступом заснованим на машинском учењу биће упоређени како би се верификовао допринос нове методе интеграције.

Неуронска мрежа ће бити тренирана да научи да интегрише GPS и INS у интегрисани навигациони систем (у традиционалном је то остваривано Калмановим филтром). Тиме треба да буде показана ваљаност оваквог вида машинског учења за једну овакву примену, као што је вођени пројектил.

Након свих симулација потребно је извршити упоредну анализу података добијених на излазу:

- самог INS-а,
- интегрисане навигације засноване на Калмановом филтру и
- интегрисане навигације засноване на машинском учењу, неуронским мрежама.

За процену мере квалитета користиће се средња квадратна грешка навигационих излазних података добијених симулираном 6DOF позицијом ракете за сва три наведена случаја.

4. Полазне хипотезе

У овој тези се полази од неколико претпоставки. Најважнија претпоставка је да су модели који су коришћени за симулацију динамике ракете и њеног окружење тачни. То значи да се гравитациони модел и модел ветра претпостављени као реални. Поред тога, претпоставља се да су ракетна структура, погон и аеродинамички модел реални. Сходно томе, понашање симулиране ракете се сматра једнаким понашању реалне ракете у реалном окружењу.

Штавише, претпоставља се и да је Simulink окружење на рачунару на коме је вршена симулација реалистично. То значи да се од микропроцесора, који се налази у летној верзији рачунара, очекује исто понашање као и Simulink модела. Ово укључује све алгоритме вођења, навигације и управљања, као и научени алгоритам неуронске мреже. То важи и за IMU и GPS моделе.

Осим тога, коришћени модел актуатора је исказан преносним функцијама, што значи да је он линеаризован. Ово подразумева линеарно понашање актуатора. Поред тога, не постоје спољашња оптерећења на актуаторском систему која могу да утичу на перформансе актуатора па тиме и на ракету.

Коначно, будући да је претпостављено да симулација ракете одговара реалном понашању ракете, претпоставља се самим тим да перформансе наученог машинског алгоритма одговарају алгоритму за управљање реалне ракете.

5. Изазови

Највећи изазов за неуронску мрежу је проблем генерализације. Неуронска мрежа ради веома добро за објекте и процесе који у себи садрже понављајуће обрасце. Међутим, како је ракета динамички систем са доста непредвиђених параметара, то може бити изазов. Осим тога, с обзиром да жироскопи и акцелерометри имају случајан шум и непрецизност, општа својства неуронске мреже могу да буду проблематична.

Поред тога, не могу све апликације да буду обучене помоћу неуронских мрежа. Изазов је у проналажењу начина за обуку неуронске мреже која ће успешно вршити интеграцију GPS и INS података. Постоје познате методе за обуку мреже као што је backpropagation, али ни она увек не даје адекватне резултате.

Избор улазних и излазних података који су основа за машинско учење, тј. тренинг, такође представља велики изазов. То је зато што нема прецизно дефинисаних правила за одабир улаза и излаза за неуронску мрежу. Сходно томе, избор неодговарајућих улаза и излаза може да доведе до веома различитих перформанси неуронске мреже.

Будући да постоји више различитих дизајна неуронских мрежа, избор оптималног дизајна неуронске мреже је такође изазов јер он значајно утиче на њене перформансе. На пример, мрежа за пренос података може да буде једноставнијег дизајна али самим тим склона грешкама. Каскадна мрежа смањује грешку, али додаје сложеност систему, односно већи број слојева мреже. С друге стране мања величина мреже не гарантује довољно добре резултате, док њеним увећањем долази до превелике генерализације.

Matlab и Simulink подржавају дизајн неуронских мрежа, али је та подршка ограничена, тако да је за комплетну примену неуронских мрежа потребно њихово дубље познавање.

На крају, за обуку неуронских мрежа потребни су рачунари изузетних процесорских перформанси. То значи да је потребно доста рачунарског времена за дизајнирање неуронске мреже, а поготову за њену оптимизацију. Самим тим сваки тренинг мора да буде добро промишљен и припремљен са разумевањем, а резултати унапред предвидљиви пре почетка обуке како би се оптимисало време учења, тј. симулације.

6. Очекивани резултати и научни допринос

Очекивани резултати, који би требало да буду исход овога рада:

- Нелинеарни нестационарани математички модел ракете
- Детаљни модел у Simulink-у за симулацију динамичког понашања ракете у реалном геодетском координатном систему и реалним атмосферским условима
- Модел пропулзије који укључује и несаосност

- Комплетан 6DOF модел
- Модел MEMS – ADIS16488
- Алгоритам интегрисаног навигационог система INS и GPS
- Алгоритам аутопилота
- Алгоритам вођења
- Превазилажење генерализације неуронске мреже тако да се обезбеди INS/GPS интеграција

Научни допринос овога рада се очекује у дизајну неуронске мреже која обезбеђује интеграцију INS и GPS у интегрисани навигациони систем (нови приступ) који обезбеђује оптималну естимацију просторног положаја ракете, чији је квалитет самерив са њиховом интеграцијом Калмановим филтром (традиционални приступ).

Референтна литература:

1. Ćuk, Danilo, "Vodjenje i upravljanje raketa" skripta
2. Al-Ashtari, Waleed Kh. "A Full Missile Homing System Design Based On Proportional Navigation Guidance Law And Electro-Optical Tracking System." Journal of Engineering (2008): 2806-2824.
3. Astrom, K. J. and R. M. Murray. Feedback Systems. New Jersey: Princeton University Press, 2009.
4. Dougherty, John J., et al. GPS Modeling For Designing Aerospace Vehicle Navigation System. IEEE, 1995.
5. Farrell, Jay A. Aided Navigation: GPS with Hight Rate Sensors. McGraw-Hill, 2008.
6. Farrell, Jay A. and Matthew Barth. The Global Positioning System & Inertial Navigation. McGraw-Hill, 1999.
7. "Forces and Gravity." n.d. Princeton Univeristy. Document. 11 Feb 2018.
<http://www.phy.princeton.edu/~steinh/ph115/Chapter03D.pdf>
8. Goldberg, David E. Genetic Algorithm in Search, Optimization & Machine Learning. Addison-Wesley Publishing Company, 1989.
9. Grewal, Mohinder S., Lawrence R. Weill and Angus P. Andrews. Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration. John Wiley & Sons, Inc., 2001.
10. Hussein, Mohammed T. and Shadi N. Albarqouni. "Enchanced Model of One Axis-Two Positions Manual Tracking Photovoltaic Panel For Lighting Projects In Palestine." Second LASTED Interational Conference. Alberta, 2010. 937-943.
11. Lawrence, Anthony. Modern Inertial Technology Navigation, Guidance, and Control. New York: Springer, 1993.
12. Looney, Mark. The Basics of MEMS IMU/Gyroscope Alignment. n.d. 18 Feb 2018.
<http://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/mems-imu-gyroscope-alignment.html>
13. MathWorks. Quaternion Normalize. n.d. 13 Feb 2018.
<https://www.mathworks.com/help/aeroblks/quaternionnormalize.html>
14. Oliver, John E. Encyclopedia of World Climatology. Dordrecht: Springer, 2005.
15. Oppenheim, Alan V and Ronald W. Schafer. Discrete-Time Signal Processing. Upper Saddler River: Pearson Higher Education Inc., 2010.

16. Park, Sanghyuk, John Deyst and Jonathan P. How. "A New Nonlinear Guidance Logic for Trajectory Tracking." American Institute of Aeronautics and Astronautics (n.d.).
17. Salychev, Oleg S. Applied Inertial Navigation: Problems and Solution. Moscow: BMSTU Press, 2004.
18. Samarasinghe, Sandhya. Neural Network For Applied Sciences and Engineering. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2007.
19. Seebass, A. Richard. Tactical Missile Aerodynamics: General Topics. Washington: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1992.
20. Siouris, George M. Missile Guidance and Control Systems. New York: Springer, 2004.
21. Sutton, George P. and Oscar Biblarz. Rocket Propulsion Elements. John Wiley & Sons, 2001.
22. Warren S. Flenniken, IV. Modelling Inertial Measurement Units and Analyzing The Effect of Their Errors in Navigation Application. Master of Science Thesis. Auburn: Auburn University, 2005.

7. Закључак и предлог

Претходно дати приказ показује да је студент Докторских студија **Saif Al Ameri, M.Sc, дипл.инж.маш.** успешно положио све испите предвиђене програмом Докторских студија и са укупно сакупљених 125 ESPB бодова и одбрањним Пројектом идеје дисертације стекао услов за одобравање теме за израду докторске дисертације.

Предложена тема по свом предмету и циљевима, полазним хипотезама, методама истраживања и очекиваним (могућим) научним доприносима, може да се реализује као успешна докторска дисертација. Тема по свом садржају и циљевима одговара ужој научној области **Система наоружања** за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду. На основу ових чињеница, Комисија предлаже да се **Saif Al Ameri, M.Sc, дипл.инж.маш.**, студенту Докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, одобри тема Докторске дисертације под називом

Синтеза алгоритама навигације и вођења пројектила заснованих на машинском учењу

(Missiles Guidance Navigation and Control Algorithms Design Based on Machine Learning)

За ментора Дисертације предлаже се **др Драган Лазић**, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

проф. др Драган Лазић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

в.проф. др Милан Ристановић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

доцент др Ивана Тодић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

проф. др Марко Милош,
Универзитет у Београду, Машински факултет

проф. др Жарко Ћојбашић,
Универзитет у Нишу, Машински факултет

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: **Драган Лазих**

Звање: **Редовни професор**

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Legweel Khaled MB, Lazic Dragan V, Ristanovic Milan R, Lozanovic-Sajic Jasmina V, The Performance of Pip-Cascade Controller in HVAC System THERMAL SCIENCE, (2014), vol. 18 br. , Suppl. 1, str. S213-S220, **M23**
2. Stefanovic Miladin, Matijevic Milan S, Lazic Dragan V, Experimental Plant for Supervision and Monitoring of an Intermittent Heating System for Engineering Training, INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION, (2013), vol. 29 br. 3, str. 799-807, **M23**
3. Ristanovic Milan R, Cojbasic Zarko M, Lazic Dragan V, Intelligent control of DC motor driven electromechanical fin actuator, CONTROL ENGINEERING PRACTICE, (2012), vol. 20 br. 6, str. 610-617, **M21**
4. Lazic Dragan V, Practical Tracking Control of the Electropneumatic Piston Drive, STROJNISKI VESTNIK-JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING, (2010), vol. 56 br. 3, str. 163-168, **M23**
5. Lazic Dragan V, Exponential tracking control of an electro-pneumatic servo motor, STROJNISKI VESTNIK-JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING, (2008), vol. 54 br. 1, str. 62-67, **M23**

(навести најмање један рад у случају менторства дисертације која се пријављује до 31.12.2008. године, односно најмање три рада у случају менторства дисертације која се пријављује у периоду од 1.01.2009. до 31.12.2009. године, односно најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује почев од 1.01.2010. године)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
