

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

1390/5

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев  
упућује)

17.11.2022.

(Датум)

## ЗАХТЕВ

### за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

**„СИСТЕМ ЗА ДАЉИНСКО ПИЛОТИРАЊЕ ЛЕТЕЛИЦОМ СА ПАРАМЕТРИМА КРЕТАЊА  
ЛЕТЕЛИЦЕ У ПОВРАТНОЈ СПРЕЗИ A SYSTEM FOR REMOTE PILOTING OF AN AIRCRAFT  
WITH MOTION PARAMETERS IN THE FEEDBACK LOOP“**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ

Ваздухопловство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

- Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:  
МИЛОШ (ДАНИЛО) ПЕТРАШИНОВИЋ
- Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):  
Мастер академске студије - Машински факултет Београд
- Година завршетка претходног нивоа студија: 2018.
- Година уписа на докторске студије: 2018.
- Назив студијског програма докторских студија: Машинско инжењерство

## ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Александар Грбовић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Kraedegh A., Sedmak A., Grbovic A., Sedmak S.: Stringer effect on fatigue crack propagation in A2024-T351 aluminum alloy welded joint, International Journal of Fatigue, Volume 105, Pages 276-282, ISSN: 0142-1123, IF 3.673 (2017)  
<https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2017.08.025> (M21) )
2. Tomović A., Šalinić S., Obradović A., Grbović A., Milovančević M.: Closed-form solution for the free axial-bending vibration problem of structures composed of rigid bodies and elastic beam segments, Applied Mathematical Modelling, Volume 77, Part 2, Pages 1148-1167, ISSN: 0307-904X, IF 2.841 (2020) <https://doi.org/10.1016/j.apm.2019.09.008> (M21)
3. Grbovic Aleksandar M, Rasuo Bosko P, FEM based fatigue crack growth predictions for spar of light aircraft under variable amplitude loading, ENGINEERING FAILURE ANALYSIS, (2012), vol. 26 br. , str. 50-64. IF=2,203  
<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2012.07.003> (M21)1
4. Hemer A., Milovic Lj., Grbovic A., Aleksic B., Aleksic V.: Numerical determination and experimental validation of the fracture toughness of welded joints, Engineering Failure Analysis, Vol. 107, ISSN: 1350-6307, IF 2.203 (2020)  
<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.104220> (M22)1)
5. Gordana Kastratović, Aleksandar Grbović, Nenad Vidanović, Approximate method for stress intensity factors determination in case of multiple site damage, Applied Mathematical Modelling, (2015), vol. 39 br. 19, str. 6050-6059 IF=2,291  
<https://doi.org/10.1016/j.apm.2015.01.050> (M21)1).

Обавештавамо вас да је Наставно – научно веће на седници одржаној 17.11.2022. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

**ДЕКАН ФАКУЛТЕТА**

Прилог:

1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

**Напомена:** Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и једном писаном примерку за архиву Универзитета

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -  
Број: 1390/5  
Датум: 17.11.2022. године  
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Милоша Петрашиновића**, магист. инж. маш., бр. 1390/1 од 26.09.2022. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Александар Симоновић, ред. проф., др Александар Бенгин, ред. проф., др Јелена Сворцан, ванр. проф., др Огњен Пековић, ванр. проф. и др Гордана Кастратовић, ред. проф., Саобраћајни факултет Београд 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 64. Статута Машинског факултета – пречишћени текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 17.11.2022. године, донело је следећу

### ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **МИЛОШ ПЕТРАШИРОВИЋ**, магист. инж. маш., испуњава услове за израду докторске дисертације **«СИСТЕМ ЗА ДАЉИНСКО ПИЛОТИРАЊЕ ЛЕТЕЛИЦОМ СА ПАРАМЕТРИМА КРЕТАЊА ЛЕТЕЛИЦЕ У ПОВРАТНОЈ СПРЕЗИ (A SYSTEM FOR REMOTE PILOTING OF AN AIRCRAFT WITH MOTION PARAMETERS IN THE FEEDBACK LOOP)»**.

Одлуком ННВ број 1390/3, од 20.10.2022. године за ментора докторске дисертације Милоша Петрашиновића, магист. инж. маш. именован је др Александар Грбовић, ред. проф.

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

ДЕКАН  
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

## **ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА**

**Предмет:** Подобност теме и кандидата **Милоша Петрашиновића, маг.инж.маш.** за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 1390/3 од 20.10.2022. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Милоша Петрашиновића, маг.инж.маш.** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме

**„Систем за даљинско пилотирање летелицом са параметрима кретања летелице у повратној спрези”**

**(„A system for remote piloting of an aircraft with motion parameters in the feedback loop”).**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

## **РЕФЕРАТ**

### **1. Подаци о кандидату**

#### **1.1. Биографски подаци**

Милош Д. Петрашиновић, мастер инжењер машинства, рођен је 8. октобра 1994. године у Београду. Основну школу „Борислав Пекић” у Београду завршио је 2009. године и носилац је дипломе „Вук Караџић”. Средњу школу „Пету београдску гимназију”, природно-математичког смера, завршио је 2013. године у Београду и одбранио је матурски рад из предмета „Математика” на тему „Елипса”.

Основне академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписао је 2013. године. Основне академске студије завршио је 2016. године, са просечном оценом 10 (десет), одбранивши (B.Sc.) рад из завршног предмета „Конструкција и технологија производње летелица” на тему „Пројектовање, прорачун и параметарско моделирање стајног трапа авиона”, са оценом 10 (десет). Мастер академске студије, модул Ваздухопловство Катедре за ваздухопловство, на Машинском факултету Универзитета у Београду уписао је 2016. године. Мастер академске студије завршио је 19. фебруара 2018. године са укупном просечном оценом 10 (десет), одбранивши Дипломски (M.Sc.) рад на тему „Пројектовање симулираног управљања летелицом” из предмета „Пројектовање летелица”. Докторске академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписао је 2018. године и као потенцијалног ментора предложио је проф. др Александра Грбовића. Од јуна 2020. године је запослен на

Машинском факултету Универзитета у Београду као сарадник у звању асистента са пуним радним временом за ужу научну област Ваздухопловство.

Добитник је Повеље за изузетан успех током студирања као најбољи студент генерације Машинског факултета који је дипломирао у школској 2015/2016. години поводом Дана Универзитета у Београду. Добитник је Похвала за одличан успех поводом Дана факултета сваке школске године током Основних и Мастер академских студија. Такође, поводом Дана факултета добитник је Похвала за најбољег студента на основним академским студијама из генерације уписане на студије школске 2013/2014. године, за најбољег студента на мастер академским студијама из генерације уписане на студије школске 2016/2017 и Студент генерације најбољи студент из генерације уписане на факултет школске 2013/2014 године. Током студирања је био стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије као и добитник стипендије „Доситија” за најбоље студенте у Републици Србији Фонда за младе таленте Министарства омладине и спорта Републике Србије, током завршних година Основних и Мастер академских студија.

Поред матерњег српског језика, говори, чита и пише на енглеском језику. Има возачку дозволу Б категорије.

У свакодневном раду користи следеће програмске језике и пакете: FORTRAN, C/C++, GNU Octave, Python, PHP (uz HTML i CSS), JavaScript, LaTeX, Arduino, Arm CMSIS, Arduino\_Core\_STM32, FreeCAD, OpenModelica, CGAL, Meshlab, Nastran, Code\_Aster, KiCad, Blender, MakeHuman, Inkscape, Gimp и LibreOffice.

Учествовао је на многим научним скуповима, скуповима студената, предавањима и конференцијама како из области везаних за машинство, тако и за друге сфере културног и друштвеног живота.

## 1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат је уписао докторске академске студије 2018. године и редовно уписивао све године студија до треће године.

| Бр.                      | Назив предмета                                             | Предметни наставник         | Семестар / ЕСПБ | Оцена      |
|--------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------|
| <b>Обавезни предмети</b> |                                                            |                             |                 |            |
| 1.                       | Виши курс математике                                       | проф. др Слободан Радојевић | 1/5             | 10(десет)  |
| 2.                       | Нумеричке методе                                           | проф. др Миодраг Спалевић   | 1/5             | 10(десет)  |
| 3.                       | ОМНИР и комуникација                                       | проф. др Милош Недељковић   | 1/5             | 10 (десет) |
| 4.                       | Одабрана поглавља из механике                              | проф. др Зоран Митровић     | 2/5             | 10 (десет) |
| 5.                       | Истраживање и публикавање 1                                | проф. др Александар Грбовић | 1/10            | 10 (десет) |
| 6.                       | Истраживање и публикавање 2                                | проф. др Мирко Диновуловић  | 2/15            | 10 (десет) |
| 7.                       | Истраживање и публикавање 3                                | проф. др Александар Грбовић | 3/20            | 10 (десет) |
| 8.                       | Истраживање и публикавање 4                                | проф. др Александар Грбовић | 4/8             | 10 (десет) |
| 9.                       | Пројекат идеје докторске дисертације                       | проф. др Александар Грбовић | 4/22            | 10 (десет) |
| <b>Изборни предмети</b>  |                                                            |                             |                 |            |
| 10.                      | Одабрана поглавља из композитних конструкција ваздухоплова | проф. др Мирко Диновуловић  | 1/5             | 10 (десет) |
| 11.                      | Одабрана поглавља из аероеластичности                      | проф. др Мирко Диновуловић  | 2/5             | 10 (десет) |
| 12.                      | Одабрана поглавља из структуралне анализе ваздухоплова     | проф. др Мирко Диновуловић  | 2/5             | 10 (десет) |
| 13.                      | Замор и процена века ваздухопловних конструкција           | проф. др Александар Грбовић | 3/5             | 10 (десет) |
| 14.                      | Моделирање микромеханике композитних материјала            | проф. др Игор Балаћ         | 3/5             | 10 (десет) |

Кандидат је током мастер академских студија и докторских академских студија држао вежбе из предмета Конструкција и технологија производње летелица, Теорија еластичности, Системи и управљање летелицама и Пројектовање летелица.

Кандидат је коаутор једног универзитетског уџбеника.

1. Петрашиновић Д., Грбовић А., Динуловић М., Петрашиновић М.: „*Стајни трап летелица*“, ISBN 978-86-7083-957-1, Машински факултет, Београд, 2017., стр. 312

Уџбеник „*Стајни трап летелица*“ покрива део градива предмета Прорачун структуре летелица и Структурална анализа везан за стајни трап летелица. Посебна пажња је посвећена томе да је једноставно могуће пратити текст са великим бројем илустрација и додатних појашњења. У уџбенику су дати и примери пројектног задатка са решењима, а посебан акценат је дат на примену савремених нумеричких метода у решавању проблема пројектовања и напонске анализе ваздухопловних структура. Објашњене су најновије методе за прорачун и пројектовање система за амортизацију удара, као и механизма са хидрауличним управљањем које представљају значајан искорак у поређењу са претходно коришћеним методама. У оквиру уџбеника су дати комплетни нумерички примери за енергетски прорачун амортизера стајног трапа али и за прорачун чврстоће. На основу ових примера студенти могу да имплементирају на сличан начин програме за прорачун за њихов конкретан случај.

Кандидат се успешно бави научно-истраживачким радом што потврђује и следећи списак радова.

#### **Рад у тематском зборнику међународног значаја (M14)**

1. **Petrasinovic M.**, Grbovic A., Petrasinovic D.: *Geometry Optimization of Flight Simulator Mechanism Using Genetic Algorithm*, - Computational And Experimental Approaches In Materials Science And Engineering – CNN TECH 2019, Vol 90, 2019, pp. 340-358, ISBN 978-3-030-30853-7.  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-30853-7\\_20](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-30853-7_20)

#### **Истакнути међународни часопис (M22)**

1. **Petrasinovi M.**, Grbovic A., Petrasinovic D., Petrovic M., Raicevic N.: *Real Coded Mixed Integer Genetic Algorithm for Geometry Optimization of Flight Simulator Mechanism Based on Rotary Stewart Platform*, - APPLIED SCIENCES-BASE, Vol 12, No 14, 2022, 7085, (ISSN 2076-3417, impact factor **2.921 za 2021. godinu**).  
<https://www.mdpi.com/2076-3417/12/14/7085>

#### **Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33):**

1. **Petrasinovic M.**, Petrović M., Petrović V.: *Quadcopter Control Based on Telemetry Data Using a 6DOF Flight Simulator*, The First International Scientific Conference "MULTIDISCIPLINARY APPROACH TO CONTEMPORARY RESEARCH", Central Institute for Conservation, ISBN: 978-86-6179-056-0, pp 159-180, Belgrade, Serbia, 25-26 November 2017.  
[http://macr.cik.org.rs/wp-content/uploads/2017/12/Proceeding\\_of\\_selected\\_papers\\_of\\_the\\_The\\_First\\_International\\_Students\\_Scientific\\_Conference.pdf](http://macr.cik.org.rs/wp-content/uploads/2017/12/Proceeding_of_selected_papers_of_the_The_First_International_Students_Scientific_Conference.pdf)
2. Raičević N., Petrašinović D., Grbović A., **Petrasinovic M.**, Petrović M.: *FreeCAD Import Airfoil Macro - Drawing Airfoil Geometry In An Open-Source Cad Program*, 8<sup>th</sup> International Conference on Industrial Engineering SIE 2022, PROCEEDINGS, Belgrade, Serbia, 29-30 September 2022, pp. 105-108, ISBN 978-86-6060-131-7.  
[http://ie.mas.bg.ac.rs/sie2022/PDF\\_radovi.rar](http://ie.mas.bg.ac.rs/sie2022/PDF_radovi.rar)

### Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

1. Petrovic M., Dinulovic M., Petrasinovic D., Grbovic A., **Petrasinovic M.**: *Rapid Prototyping With Composite Materials Using Plastic 3d Printed Molds*, - International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies CNN TECH 2022, Zlatibor, Serbia, 5-8 July 2022, pp. 21, ISBN 978-86-6060-120-1.  
<http://cnntechno.com/docs/Book%20of%20Abstracts%202022.pdf>
2. **Petrasinovic M.**, Grbovic A., Petrasinovic D., Petrovic M., Raicevic N.: *Numerical Method For Workspace Determination Of Flight Simulator With Stewart Platform Mechanism*, - International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies CNN TECH 2022, Zlatibor, Serbia, 5-8 July 2022, pp. 43, ISBN 978-86-6060-120-1.  
<http://cnntechno.com/docs/Book%20of%20Abstracts%202022.pdf>
3. **Petrasinovic M.**, Petrasinovic D., Grbovic A., Petrovic V., Petrovic M., Raicevic N.: *Design And Development Of Static Load Test Stand For Various Sizes Of Multicopter Arms*, - International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies CNN TECH 2022, Zlatibor, Serbia, 5-8 July 2022, pp. 44, ISBN 978-86-6060-120-1.  
<http://cnntechno.com/docs/Book%20of%20Abstracts%202022.pdf>
4. Raicevic N., Petrasinovic D., Grbovic A., **Petrasinovic M.**, Petrovic M.: *Fluid-Structural Analysis And Optimization Of Composite Wind Turbine Blades*, - International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies CNN TECH 2022, Zlatibor, Serbia, 5-8 July 2022, pp. 84, ISBN 978-86-6060-120-1.  
<http://cnntechno.com/docs/Book%20of%20Abstracts%202022.pdf>
5. **Petrasinovic M.**, Grbovic A., Petrasinovic D., Rasuo B.: *Calculation of Errors in the Position and Orientation of the Parallel Mechanism Due to the Elasticity of the Structure Using the Finite Element Method*, - 92nd Annual Scientific Conference GAMM 2022, Aachen, Germany, 15-19 August 2022.  
[https://jahrestagung.gamm-ev.de/wp-content/uploads/2022/08/Daily\\_Program\\_Web.pdf](https://jahrestagung.gamm-ev.de/wp-content/uploads/2022/08/Daily_Program_Web.pdf)

#### 1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Комисија сматра да је Милош Петрашиновић испунио све потребне услове за пријаву теме докторске дисертације и да је способан за самостални рад на предложеној теми. Поред одслушаних предавања, положених испита и одбрањеног Пројекта идеје докторске дисертације, у протеклом периоду вршио је различита нумеричка и експериментална истраживања и објавио значајан број научних радова из области којој припада предложена тема што га квалификује за пријаву докторске дисертације под наведеним насловом.

#### **2. Предмет и циљ истраживања**

Циљ истраживања је омогућити пилоту осећај приликом даљинског управљања летелицом који одговара ономе што очима види и ономе што би осећао да се налази у летелици.

Од самог почетка ваздухопловства, поред самог конструисања летелица, најзахтевније је било овладати умећем управљања летелицом. Нагли развој цивилног ваздушног саобраћаја убрзо је захтевао могућност инструменталног летења. Пилоти су морали да буду у стању да управљају летелицом у условима када је видљивост из пилотске кабине толико смањена да лет више није безбедан. У тежњи да смањи ризик и трошкове обуке, амерички конструктор Едвин Линк

(Edwin A. Link) конструисао је 1930. године симулатор лета који представља пилотску кабину постављену на носач тако да може да се позиционира и оријентише у зависности од задате команде на исти начин као права летелица, при чему и сви инструменти одговарајуће реагују.

Развој рачунарске технике и бежичних комуникација је потом омогућио даљинско управљање летелицама, али се поново отворило питање обуке пилота за такве системе.

За сам почетак даљински управљаних система се може узети када је Никола Тесла још давне 1898. године својим патентом први пут представио свету систем за даљинско управљање бродом. У свом патенту је навео да сматра да је највећа вредност његовог изума у томе што ће овакви системи због своје сигурне и неограничене деструктивности тежити доношењу и одржавању трајног мира међу народима.

Било да је у оквиру класичног пилотирања или приликом даљинског управљања летелицом, у току лета човек, као пилот неке летелице, истовремено прима разне информације преко својих чулних органа, анализира их и упоређује, доноси одлуке о потребним мерама које треба предузети при управљању и управља летелицом тако да вредности параметара њеног кретања што је могуће мање одступају од жељених вредности којим се успешно остварује мисија. Према томе, пилот обавља уствари функције сензора, сабирача, компаратора, рачунара, претварача, појачала и актуатора. Из овога следи да пилот и летелица, као целина, представљају један динамички систем са повратном спрегом.

Улазне величине за систем су све оно што пилот добија као информације о мисији коју је потребно извршити и такође све могуће поремећајне величине, као што су различите сметње за пилота, турбулентност атмосфере, удари ветра, разни шумови и слични утицаји.

Са даљински управљане летелице се информација о њеном убрзању и оријентацији у простору, у реалном времену путем бежичне комуникације, преноси на симулатор лета. Платформа симулатора лета (на којој се налази пилотска кабина) се на основу ове информације на одговарајући начин креће у односу на базу. Пилот управља летелицом са симулатора лета на основу слике са камере која се налази на летелици, инструмената и на основу кретања платформе симулатора лета. На овај начин је добијен затворен ланац управљања, тело пилота се креће и оријентисано је у простору у складу са оним што пилот види са камере на летелици и на инструментима.

Предмет овог истраживања је детаљна процедура неопходна за оптимизацију механизма модерног симулатора лета у жељи је да се након оптимизације механизма добије машина која има изузетне могућности у погледу симулирања лета, спајање управљања летелице са симулатором и развој система за пренос података са минималним кашњењем.

Симулатор лета служи за практичну обуку пилота при различитим режимима лета. Теоријски, он треба да симулира све случајеве лета и силе које делују на пилота у току лета. Први овакви симулатори су развијени још 1910. године, док су прву праву примену добили почетком Првог светског рата. Од тада до данас су симулатори постали веома сложени мехатронички системи, али је њихова основна сврха, да омогуће пилотима да осете свим осталим чулима оно што одговара информацијама добијеним преко чула вида, остала иста. Како би се што боље симулирао стварни лет потребно је да покретни део симулатора има шест управљаних степени слободе кретања у оквиру дефинисаних граница

Поред далеко безбедније обуке пилота за инструментално летење, обука на оваквим симулаторима је вишеструко јефтинија и бржа него кад би се изводила на правим летелицама. Из истих разлога и данас симулатори лета имају незаменљиву улогу у обуци, усавршавању и

процесу сертификације пилота. Тренутно се у свету практично сваки симулатор лета са шест степени слободе кретања изводи као механизам који се назива Стјуартова платформа, која је у основи паралелни механизам (затворени кинематски ланац). Овај механизам и његова геометрија се пажљиво оптимизују и димензионишу се његови актуатори за потребе симулирања лета.

Могуће је пројектовање различитих даљински управљаних летелица које се прилагођавају овом систему за даљинско пилотирање. Поред актуатора који су задужени за отклон командних површина, летелица има низ сензора на основу којих је могуће успоставити стабилан лет али и на основу којих је могуће послати потребне параметре кретања летелице како би се остварила жељена повратна спрега. За функционисање система је неопходно да се са што мањим кашњењем и са што већом брзином освежавања података шаљу тренутно убрзање, оријентација и позиција летелице.

Програми који путем управљачке јединице летелице преузимају одређене функције које обавља човек, као пилот авиона, зову се општим именом аутопилоти. У савременим летелицама аутопилоти обично преузимају и разне друге функције које човек као пилот летелице не би био у могућности да обави или су једноставне и замарајуће. При пилотирању од посебног су значаја брзина и тачност реаговања којом пилот или аутопилот могу да одговоре на спољашње информације, које примају преко одговарајућих органа, као што су очи, уши, жирокопски уређаји и други сензори. Уколико је потребно донети неку одлуку на основу непотпуних или контрадикторних информација добијених у различитим временима и у различитом облику, човек као пилот ненадмашан је у поређењу са аутопилотом. Уколико се пилот не налази у самој летелици губи ову предносту у односу на аутопилот. За реализацију овог система неопходна је интеграција са самим аутопилотом.

Неки од циљева употребе овог система су и омогућавање прецизнијег, квалитетнијег и за пилоте природнијег даљинског управљања летелицама, омогућити управљање када пилот нема летелицу у видокругу или када изгуби видео сигнал, смањење ризика и трошкова обуке и усавршавања пилота и смањење број удеса који могу бити фатални по летелицу и њене подсистеме.

## **2.1.Преглед литературе релевантне за предложену тему дисертације**

У наставку се наводи литература која је референтна за ову докторску дисертацију:

- [1] Stewart, D. A platform with six degrees of freedom. Proc. Inst. Mech. Eng. 1965, 180, 371-386.
- [2] Fichter, E.F. A Stewart Platform-Based Manipulator: General Theory and Practical Construction. Int. J. Robot. Res. 1986, 5, 157-182.
- [3] Gao, X.; Lei, D.; Liao, Q.; Zhang, G. Generalized Stewart-Gough platforms and their direct kinematics. IEEE Trans. Rob. 2005, 21, 141-151.
- [4] Lee, J.D.; Geng, Z. A dynamic model of a flexible Stewart platform. Comput. Struct. 1993, 48, 367-374.
- [5] Dasgupta, B.; Mruthyunjaya, T. Closed-form dynamic equations of the general Stewart platform through the Newton-Euler approach. Mech. Mach. Theory 1998, 33, 993-1012.
- [6] Dasgupta, B.; Mruthyunjaya, T. A Newton-Euler formulation for the inverse dynamics of the Stewart platform manipulator. Mech. Mach. Theory 1998, 33, 1135-1152.
- [7] Dasgupta, B.; Choudhury, P. A general strategy based on the Newton-Euler approach for the dynamic formulation of parallel manipulators. Mech. Mach. Theory 1999, 34, 801-824.

- [8] Ji, Z. Analysis of design parameters in platform manipulators. *J. Mech. Des.* 1996, 118, 526-531.
- [9] Hua, C.; Weishan, C.; Junkao, L. Optimal design of stewart platform safety mechanism. *Chin. J. Aeronaut.* 2007, 20, 370-377.
- [10] Jiang, Q.; Gosselin, C. The maximal singularity-free workspace of the Gough-Stewart platform for a given orientation. *J. Mech. Des.* 2008, 130, 112304-1-112304-8.
- [11] Jiang, Q.; Gosselin, C. Maximal singularity-free total orientation workspace of the Gough-Stewart platform. *J. Mech. Robot.* 2009, 1, 034501-1-034501-4.
- [12] Dasgupta, B.; Mruthyunjaya, T. The Stewart platform manipulator: A review. *Mech. Mach. Theory* 2000, 35, 15-40.
- [13] Furqan, M.; Suhaib, M.; Ahmad, N. Studies on Stewart platform manipulator: A review. *J. Mech. Sci. Technol.* 2017, 31, 4459-4470.
- [14] Harib, K.; Srinivasan, K. Kinematic and dynamic analysis of Stewart platform based machine tool structures manipulator. *Robotica* 2003, 21, 541-554.
- [15] Wapler, M.; Urban, V.; Weisner, T.; Stallkamp, J.; Durr, M.; Hiller, A. A Stewart platform for precision surgery. *Trans. Inst. Meas. Control.* 2003, 25, 329-334.
- [16] Chi, W.; Ma, H.; Wang, C.; Zhao, T. Research on Control of Stewart Platform Integrating Small Attitude Maneuver and Vibration Isolation for High-Precision Payloads on Spacecraft. *Aerospace* 2021, 8, 333.
- [17] Wang, Y.; Soltani, M.; Hussain, D.M.A.; Christensen, R.M. Design and Implementation of Attitude Stabilization System for Marine Satellite Tracking Antenna. *Electronics* 2018, 7, 398.
- [18] Velasco, J.; Calvo, I.; Barambones, O.; Venegas, P.; Napole, C. Experimental Validation of a Sliding Mode Control for a Stewart Platform Used in Aerospace Inspection Applications. *Mathematics* 2020, 8, 2051.
- [19] Neitmann, M.; Rothe, T.; Kappel, E.; Hühne, C. Assembly of Compliant Structures with Autonomous Industrial Mobile Manipulators (AIMM) Using an End Effector with Active Deformation Compensation for the Assembly of Flaps. *Machines* 2022, 10, 291.
- [20] Liu, Z.; Cai, C.; Yang, M.; Zhang, Y. Testing of a MEMS Dynamic Inclinator Using the Stewart Platform. *Sensors* 2019, 19, 4233.
- [21] Kausar, Z.; Shah, M.F.; Masood, Z.; Rehman, H.Z.U.; Khaydarov, S.; Saeed, M.T.; Razmkhah, O.; Yaqoob, H. Energy Efficient Parallel Configuration Based Six Degree of Freedom Machining Bed. *Energies* 2021, 14, 2642.
- [22] Bo, A.P.L.; Casas, L.; Cucho-Padin, G.; Hayashibe, M.; Elias, D. Control Strategies for Gait Tele-Rehabilitation System Based on Parallel Robotics. *Appl. Sci.* 2021, 11, 11095.
- [23] Summa, S.; Gori, R.; Freda, L.; Castelli, E.; Petrarca, M. Development of a Dynamic Oriented Rehabilitative Integrated System (DORIS) and Preliminary Tests. *Sensors* 2019, 19, 3402.
- [24] Stenzel, T.; Sajkowski, M.; Hetmańczyk, J.; Boratyński, T. Application of 6-DOF parallel manipulator for optoelectronic surveillance systems development. In *Proceedings of the IEEE 19th International Power Electronics and Motion Control Conference (PEMC)*, Gliwice, Poland, 25-29 April 2021.
- [25] Zhan, G.; Niu, S.; Zhang, W.; Zhou, X.; Pang, J.; Li, Y.; Zhan, J. A Docking Mechanism Based on a Stewart Platform and Its Tracking Control Based on Information Fusion Algorithm. *Sensors* 2022, 22, 770.
- [26] Campos, A.; Quintero, J.; Saltaren, R.; Ferre, M.; Aracil, R. An Active helideck testbed for floating structures based on a Stewart-Gough platform. In *Proceedings of the 2008 IEEE/RSJ*

- International Conference on Intelligent Robots and Systems, Tegucigalpa, Honduras, 22-26 September 2008.
- [27] Patel, Y.D.; George, P.M. Parallel Manipulators Applications-A Survey. *Mod. Mech. Eng.* 2012, 2, 57-64.
  - [28] Su, Y.; Duan, B.; Zheng, C. Genetic design of kinematically optimal fine tuning Stewart platform for large spherical radio telescope. *Mechatronics* 2001, 11, 821-835.
  - [29] Joumah, A.; Albitar, C. Design Optimization of 6-RUS Parallel Manipulator Using Hybrid Algorithm. *Int. J. Inf. Technol. Comput. Sci.* 2018, 2, 83-95.
  - [30] Gao, Z.; Zhang, D.; Ge, Y. Design optimization of a spatial six degree-of-freedom parallel manipulator based on artificial intelligence approaches. *Robot. Comput. Integr. Manuf.* 2010, 26, 180-189.
  - [31] Zamani, H.; Nadimi-Shahraki, H.M.; Gandomi, H.A. QANA: Quantum-based avian navigation optimizer algorithm. *Eng. Appl. Artif. Intell.* 2021, 104, 104314.
  - [32] Zamani, H.; Nadimi-Shahraki, H.M.; Gandomi, H.A. Starling murmuration optimizer: A novel bio-inspired algorithm for global and engineering optimization. *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.* 2022, 392, 114616.
  - [33] Nadimi-Shahraki, H.M.; Zamani, H. DMDE: Diversity-maintained multi-trial vector differential evolution algorithm for non-decomposition large-scale global optimization. *Expert Syst. Appl.* 2022, 198, 116895.
  - [34] Stoughton, R.; Arai, T. A Modified Stewart Platform Manipulator with improved Dexterity. *IEEE Trans. Robot. Autom.* 1993, 9, 166-173.
  - [35] Xie, Z.; Li, G.; Liu, G.; Zhao, J. Optimal design of a Stewart platform using the global transmission index under determinate constraint of workspace. *Adv. Mech. Eng.* 2017, 9, 1-14.
  - [36] Cardona, M. A new approach for the forward kinematics of general stewart-gough platforms. In *Proceedings of the 2015 IEEE Thirty Fifth Central American and Panama Convention (CONCAPAN XXXV)*, Nice, France, 11-13 November 2015.
  - [37] Guo, H.B.; Li, H.R. Dynamic analysis and simulation of a six degree of freedom Stewart platform manipulator. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part C J. Mech. Eng. Sci.* 2006, 220, 61-72.
  - [38] Zhou, C.; Fang, Y. Design and Analysis for a Three-rotational-DOF Flight Simulator of Fighter-Aircraft. *Chin. J. Mech. Eng.* 2018, 31, 55.
  - [39] Advani, S.; Hosmann, R.; Haeck, N. Integrated Design of a Motion Cueing Algorithm and Motion-Base Mechanism for a Wright Flyer Simulator. In *Proceedings of the AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference and Exhibit*, Monterey, CA, USA, 5-8 August 2002.
  - [40] Jones, M. Motion cueing optimisation applied to rotorcraft flight simulation. *CEAS Aeronaut. J.* 2017, 8, 523-539.
  - [41] Wei, M.-Y. Design of a DSP-Based Motion-Cueing Algorithm Using the Kinematic Solution for the 6-DoF Motion Platform. *Aerospace* 2022, 9, 203.
  - [42] Wang, S.; Fu, L. Predictive washout filter design for VR-based motion simulator. In *Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, The Hague, The Netherlands, 10-13 October 2004.
  - [43] Liao, C.; Huang, C.; Chieng, W. A Novel Washout Filter Design for a Six Degree-of-Freedom Motion Simulator. *JSME Int. J. Ser. C* 2004, 47, 626-636.
  - [44] Asadi, H.; Mohamed, S.; Nelson, K.; Nahavandi, S.; Zadeh, D. Human Perception-Based Washout Filtering Using Genetic Algorithm. In *Proceedings of the LNCS 22nd International*

- Conference on Neural Information Processing (ICONIP 2015), Istanbul, Turkey, 9-12 November 2015.
- [45] Eftekhari, M.; Karimpour, H. Emulation of pilot control behavior across a Stewart platform simulator. *Robotica* 2018, 36, 588-606.
  - [46] Yoshikawa, T. Manipulability of Robotic Mechanisms. *Int. J. Robot. Res.* 1985, 4, 3-9.
  - [47] Huang, T.; Whitehouse, D.J.; Wang, J. The local dexterity, optimal architecture and design criteria of parallel machine tools. *Ann. CIRP* 1998, 47, 347-351.
  - [48] Merlet, J.P. Jacobian, Manipulability, Condition Number, and Accuracy of Parallel Robots. *J. Mech. Des.* 2006, 128, 199-206.
  - [49] Liu, G.; Zheng, S.; Liu, X.; Wang, Y.; Han, J. Formulating an Invariant Manipulability Index of Gough-Stewart Platform. *Adv. Mater. Res.* 2012, 479-481, 2321-2326.
  - [50] Fassi, I.; Legnani, G.; Tosi, D. Geometrical conditions for the design of partial or full isotropic hexapods. *J. Robot. Syst.* 2005, 22, 507-518.
  - [51] Deep, K.; Singh, K.P.; Kansal, M.L.; Mohan, C. A real coded genetic algorithm for solving integer and mixed integer optimization problems. *Appl. Math. Comput.* 2009, 212, 505-518.
  - [52] Bakar, A.; Ke, L.; Liu, H.; Xu, Z.; Wen, D. Design of Low Altitude Long Endurance Solar-Powered UAV Using Genetic Algorithm. *Aerospace* 2021, 8, 228.
  - [53] Deb, K. An efficient constraint handling method for genetic algorithms. *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.* 2000, 186, 311-338.
  - [54] Deep, K.; Tahakur, M. A new crossover operator for real coded genetic algorithms. *Appl. Math. Comput.* 2007, 188, 895-911.
  - [55] Deep, K.; Tahakur, M. A new mutation operator for real coded genetic algorithms. *Appl. Math. Comput.* 2007, 193, 211-230.
  - [56] Bhattacharya, S.; Hatwal, H.; Ghosh, A. On the optimum design of Stewart platform type parallel manipulators. *Robotica* 1995, 13, 133-140.
  - [57] Molina, F.A.L.; Rosario, J.M.; Dumur, D. Multi-Objective Design of Parallel Manipulator Using Global Indices. *Open Mech. Eng. J.* 2010, 4, 37-47.
  - [58] Ríos, A.; Hernández, E.E.; Valdez, S.I. A Two-Stage Mono- and Multi-Objective Method for the Optimization of General UPS Parallel Manipulators. *Mathematics* 2021, 9, 543.
  - [59] Chatterjee, D.; Ghosal, A. Design of a semi-regular Stewart platform manipulator for a desired workspace. In *Proceedings of the 14th National Conference on Machines and Mechanisms (NaCoMM-09)*, Durgapur, India, 17-18 December 2009.
  - [60] Advani, S.; Nahon, M.; Albronda, J. Optimization of Six-Degrees-of-Freedom Motion Systems for Flight Simulators. In *Proceedings of the Modeling and Simulation Technologies Conference*, New Orleans, LA, USA, 11-13 August 1997.
  - [61] Advani, S.; Giovannetti, D.; Blum, M. Design of a Hexapod Motion Cueing System for the NASA Ames Vertical Motion Simulator. In *Proceedings of the AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference and Exhibit*, Monterey, CA, USA, 5-8 August 2002.
  - [62] Wei, M.-Y. Design and Implementation of Inverse Kinematics and Motion Monitoring System for 6DoF Platform. *Appl. Sci.* 2021, 11, 9330.
  - [63] Zhu, M.; Huang, C.; Song, S.; Gong, D. Design of a Gough-Stewart Platform Based on Visual Servoing Controller. *Sensors* 2022, 22, 2523.
  - [64] St-Onge, B.M.; Gosselin, C. Singularity Analysis and Representation of the General Gough-Stewart Platform. *Int. J. Robot. Res.* 2000, 19, 271-288.

- [65] Molina, F.A.L.; Rosario, J.M.; Sanchez, O.F.A. Simulation environment proposal, analysis and control of a stewart platform manipulator. In Proceedings of the 7th Brazilian Conference on Dynamics, Control and Applications (DINCON 2008), Sao Paulo, Brazil, 7-9 May 2008.
- [66] Inner, B.; Kucuk, S. A novel kinematic design, analysis and simulation tool for general Stewart platforms. *Simulation* 2013, 89, 876-897.

У раду [1] је по први пут описан механизам који је данас познат као Стјуартова платформа и то у генерализованом облику (са разноврсним актуаторима). Од овог првог рада до данас, овај механизам је популарна тема истраживања у роботизи са многим објављеним истраживачким радовима о проблемима инверзне и директне кинематике [2,3], динамике [2,4–7], сингуларности и процени радног простора [2,8–11]. У раду [12] написаном 1998. аутори су представили најсавременији преглед литературе о Стјуартовој платформи док су поменути радови и даље основа истраживања. Сличан свеобухватни рад написана је 2016. године [13].

Чак и после толико година (скоро шест деценија) истраживања, још увек постоји могућност да се пронађу нови или бољи начин практичне употребе овог механизма. Поред симулатора летења, овај механизам се тренутно користи, на пример, за машинске алате [14], као део медицинских инструмената за прецизне операције [15], за високо прецизно пригушивање вибрација за користан терет свемирских летелица [16], у оквиру система стабилизације антене за праћење сателита [17], за неструктивну инспекцију [18], за монтажу авионских делова [19], за испитивање динамике микро-електро-механичког система инклинометра [20], за енергетски ефикасан лежај за машинску обраду [21], рехабилитацију хода [22,23], стабилизацију система за оптоелектронске уређаје [24], механизам за пристајање [25] па чак и за хеликоптерске плутајуће хелидроме [26] док су додатне апликације приказане у [27].

У радовима [28-30] су аутори применили генетски алгоритам за оптимизацију. Постоје и новији еволуциони и био-инспирисани метахеуристички алгоритми који се могу користити за ову врсту проблема, као што су они описани у [31–33].

Јакобијан матрица овог механизма је анализирана у [34] и [35] док је нумеричко решење директне кинематике представљено у раду [36]. Динамичка анализа је приказана у раду [37]. Пример мисије за коју овај механизам није могуће оптимизовати је дат у [38]. За симулаторе лета користе се алгоритми за планирање путање [39–41] и различити филтери [42–44] како би се побољшале могућности самог механизма, али степен побољшања зависи од пилота. Рад [45] представља имплементацију процене понашања пилота на симулатору лета ради даљег побољшања контроле механизма.

Манипулабилност и спретност овог механизма су анализирани у радовима [46-49]. За неке апликације, индикатори перформанси такође могу бити делимична или потпуна изотропија механизма дефинисане у [50].

Реално кодирани мешовито целобројни генетски алгоритам је дефинисан су радовима [51, 53-55] и сличан алгоритам је примењен и на оптимизацију читаве летелице у [52].

Оптимални дизајн Стјуартове платформе за одређене апликације је анализиран у радовима [56–58]. Поред тога, у раду [59] је представљен метод оптимизације за добијање жељеног радног простора, док су радови [60] и [61] фокусирани на оптимизацију Стјуартове платформе за симулирање лета.

Систем за праћење кретања платформе представљен је у раду [62], и може се користити за верификацију. Постоје и контролни системи засновани на компјутерској визији, као што је описано у [63] који се такође могу користити за праћење и верификацију кретања.

У раду [64] коришћен је софтвер за компјутерско пројектовање за визуелизацију радног простора, док су у радовима [65,66] приказана симулациона окружења за ову врсту механизма.

### 3. Полазне хипотезе

У докторској дисертацији полази се од следећих основних хипотеза:

- Пилоту даљински управљане летелице није довољно да види слику са камере на летелици како би формирао најбоље могуће управљање унутар својих могућности;
- Могуће је у реалном времену прецизно вршити мерење убрзања и оријентације даљински управљане летелице у простору;
- Могуће је успоставити бежичну комуникацију између пилота и летелице;
- Незбежно кашњење слике и кретања симулатора лета у односу на стварно кретање летелице не утиче на успешност пилотирања;
- Избором одговарајућег механизма и оптимизацијом његове геометрије је могуће добити адекватан симулатор лета;
- Генетски алгоритам је могуће успешно применити за сложене нелинеарне проблеме;
- Могуће је формирати математички модел летелице и пилота како би се формирало предуправљање за симулатор лета;
- Могуће је у реалном времену формирати управљање за симулатор лета на основу информација које су бежичном комуникацијом добијене са даљински управљане летелице.

### 4. Научне методе истраживања

Током реализације циљева истраживања примениће се следеће научне методе:

- Метода прегледа постојеће научне литературе и остварених резултата, практичних, научних, техничких и других достигнућа, а у циљу систематизације постојећих истраживања;
- Индуктивне и статистичке методе користе се за извођење општих закључака који се односе на тренутно стање технике симулатора лета, система за бежичну комуникацију и даљински управљаних летелица;
- Прелиминарно експериментално истраживање којим се утврђују основне полазне вредности параметара и стање постојећих система;
- Аналитичке и нумеричке методе за решавање инверзног и директног кинематичког проблема;
- Нумеричке методе за одређивање радног простора механизма;
- Метод коначних елемената за прорачун еластичности конструкције и последично грешке положаја и оријентације платформе, као и за проверу замора полуга механизма;
- Развијање нумеричких модела и одабир одговарајућих програмских језика за имплементацију прорачуна;
- Параметарско тродимензионално моделирање и симулације у циљу верификације механизма;
- Развој и имплементација оптимизационих алгоритама за потребе оптимизације геометрије механизма симулатора лета;
- Експериментално истраживање којим се утврђују перформансе механизма, бежичне комуникације и даљински управљане летелице;
- Метода компарације, којом ће се омогућити поређење резултата добијених применом нумеричке анализе са вредностима добијеним при експерименталним испитивањима.

Претпоставља се да су предложене методе потребне и довољне да се потпуно јасно и темељно представи и анализира систем за даљинско пилотирање летелицом са параметрима кретања летелице у повратној спрези.

## 5. Очекивани научни допринос

Током рада на предложеној дисертацији очекује се да ће кандидат дати следећи научни допринос:

- Развој приступачног симулатора лета који је оптимизован за симулирање лета и који заједно са осталим подсистемима може да се примени при пилотирању даљински управљаном летелицом у оквиру повратне спреге, што представља јединственост овог система. На тај начин се пилоту даљински управљане летелице омогућава да има приближно исти осећај при пилотирању као да се налази у самој летелици.

## 6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру предложене теме докторске дисертације одвијаће се кроз следеће фазе:

- Преглед постојеће научне литературе и остварених резултата, практичних, научних, техничких и других достигнућа;
- Одређивање тренутног стања технике симулатора лета, система за бежичну комуникацију и даљински управљаних летелица;
- Пројектовање идејног решења система.
- Прелеминарна експериментална испитивања која укључују израду умањеног модела система у циљу одређивања полазних вредности параметара, развој потребних програма и електричног система, као одабир и набавку доступних компонената;
- Имплементација аналитичких и нумеричких метода за решавање инвезног и директног кинематичког проблема као и за одређивање перформанси механизма;
- Формирање нумеричке методе за ефикасно одређивање радног простора механизма;
- Имплементација методе коначних елемената са лагранжовим множиоцима за прорачун еластичности конструкције и последично грешке положаја и оријентације платформе, као и за димензионисање сегмената механизма и актуатора;
- Параметарско тродимензионално моделирање и симулације за верификацију рада механизма;
- Развој и имплементација оптимизационих алгоритама за потребе оптимизације геометрије механизма симулатора лета;
- Развој електричног система и програма за интеграцију даљински управљане летелице, система за бежичну комуникацију и симулатора лета;
- Експериментално истраживање за утврђивање перформанси механизма, бежичне комуникације и даљински управљане летелице;
- Поређење резултата добијених након пројектовања применом аналитичких и нумеричких метода са вредностима добијеним при експерименталним испитивањима;
- Извођење закључака и дискусија са прављењем планова за будућа истраживања.

Предвиђено је да докторска дисертација има следећу структуру:

1. Уводна разматрања;
2. Преглед стања релевантне технике и приказ досадашњих релевантних истраживања;
3. Предмет и научни циљ дисертације;
4. Дефинисање геометрије механизма симулатора лета и одређивање његових перформанси;
5. Оптимизација механизма за потребе симулирања лета;
6. Интеграција даљински управљане летелице, система за бежичну комуникацију и симулатора лета;
7. Преглед и анализа експерименталних метода;
8. Упоредивање нумеричких и експерименталних резултата;
9. Закључак и дискусија;
10. Литература;
11. Прилози.

## 7. Закључак и предлог

На основу свега наведеног, пријаве за израду докторске дисертације архивирани под бројем 1390/1 од 26.09.2022. године и уз сагласност Катедре за ваздухопловство архивирани под бројем 1390/2 од 18.10.2022. године, Комисија за писање реферата о научној заснованости теме докторске дисертације сматра да је кандидат испунио потребне услове за пријаву теме докторске дисертације као и да је способан да реализује наведене предвиђене циљеве истраживања. Предложена тема докторске дисертације је иновативна, изузетно савремена и актуелна, мултидисциплинарана, амбициозна и погодна за израду докторске дисертације и њеним изучавањем може се остварити значајан научни и стручни допринос. Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да се

**Милошу Петрашиновићу, маг.инж.маш.**

одобри израду докторске дисертације под називом

**„Систем за даљинско пилотирање летелицом са параметрима кретања летелице у повратној спрези”**

**(„A system for remote piloting of an aircraft with motion parameters in the feedback loop”)**

која припада научној области: машинство, и ужој научној области: ваздухопловство, а за коју је Машински факултет Универзитета у Београд матичан.

За ментора рада предлажемо **др Александра Грбовића**, редовног професора на Катедри за ваздухопловство Машинског факултета Универзитета у Београду.

## ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....

Проф. др Александар Симоновић  
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....

Проф. др Александар Бенгин  
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....

Ван. проф. др Јелена Сворцан  
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....

Ван. проф. др Огњен Пековић  
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....

Проф. др Гордана Кастратовић  
Универзитета у Београду, Саобраћајни факултет

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –  
Број: 1390/3  
Датум: 20.10.2022.  
Београд, Краљице Марије бр.16

На основу члана 64. Статута Машинског факултета Универзитета у Београду број 1136/4 од 28.06.2021. године и члана 20. а сагласно члану 29. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду од 24.05.2016.г., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној дана 20.10.2022. године, донело је следећу

### ОДЛУКУ

Именује се **др Александар Грбовић, ред. проф.** за ментора докторске дисертације **„СИСТЕМ ЗА ДАЉИНСКО ПИЛОТИРАЊЕ ЛЕТЕЛИЦОМ СА ПАРАМЕТРИМА КРЕТАЊА ЛЕТЕЛИЦЕ У ПОВРАТНОЈ СПРЕЗИ“** кандидата **МИЛОША ПЕТРАШИНОВИЋА, маст. инж. маш.** студента докторских студија.

Одлуку доставити: ментору, докторанту и архиви.

ДЕКАН  
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић