

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Машинског факултет

ИЗБОРНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат Комисије о пријављеним кандидатима за избор једног наставника у звању **ванредног професора** за ужу научну област **Механика**

На основу одлуке Изборног већа Машинског факултета број 937/3 од 13.06.2024 године, а по објављеном конкурс за избор једног **ванредног професора** на одређено време од 5 година са пуним радним временом за ужу научну област **Механика**, именовани смо за чланове Комисије за подношење реферата о пријављеним кандидатима.

На конкурс који је објављен у листу Послови број 1099 од 3. јула 2024. године пријавио се један кандидат и то др Петар Мандић, дипл. инж. маш., доцент Машинског факултета Универзитета у Београду.

На основу прегледа достављене документације подносимо следећи

РЕФЕРАТ

А. Биографски подаци

Петар Д. Мандић рођен је . . . године у . Основну школу и гимназију (природно-математички смер) завршио је у Херцег Новом. Машински факултет Универзитета у Београду уписао је школске 2003/2004. године. Дипломирао је 2011. године са просечном оценом 8,89 (осам целих осамдесетдевет) и оценом 10 на дипломском испиту из предмета Механика робота. Дипломске студије завршио је по старом наставном плану и програму.

Докторске студије уписао је школске 2011/2012. године на Машинском факултету Универзитета у Београду, а завршио са просечном оценом 9,86 (девет целих осамдесетшест), одбранивши докторску тезу под насловом „Напредно моделовање сложених роботских система и механизма и примена модерних закона управљања” 09. септембра 2019.

Од 19.12.2011. до 05.03.2014. године био је запослен на Машинском факултету Универзитета у Београду као истраживач сарадник, на научном пројекту ТР 33047 Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије под називом „Интелигентни системи управљања климатизације у циљу постизања енергетски ефикасних режима у сложеним условима експлоатације”. Од 06.03.2014. до 22.01.2020. године био је запослен на Машинском факултету Универзитета у Београду као асистент на Катедри за механику. Кандидат је у том периоду држао вежбе на предметима Механика 1, Механика 2 и Механика 3 на Основним академским студијама, као и на предметима Механика робота, Механика М, Мехатронска роботика и Биомеханика ткива и органа на Мастер академским студијама Од 23.01.2020.

запослен је као доцент на Катедри за механику Машинског факултета, где је држао предавања и аудиторне вежбе на Основним академским студијама, и то из следећих предмета: Механика 1, Механика 2, Механика 3. Такође, радно је ангажован у настави на високошколској установи Универзитета одбране, Војна академија, где је држао наставу из предмета Механика 1 у школској 2023/24 години.

Поред горе поменутог вишегодишњег учешћа на научном пројекту бр. ТР 33047 Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије, кандидат је био учесник и научно-билатералног пројекта између Републике Србије и НР Кине, бр. пројекта 3-12 (2016-2017), као и билатералног пројекта између Републике Србије и Италије, ADFOCMEDER, (2019-2022).

Као коаутор, кандидат је учествовао у писању две монографије националног значаја у издању Машинског факултета у Београду, и то: *Прилог моделирању и управљању роботских и адаптронских система*, и *Напредни системи управљања динамичким системима: фракциони приступ*. Такође као коаутор, објавио је приручних за лабораторијске вежбе из предмета Мехатронска роботика на Мастер студијама на Машинском факултету.

Као аутор или коаутор објавио је преко 50 радова, од тога четири у часописима са SCI листе. За досада објављене радове, који се прате преко Scopus-a, према подацима од 14. августа 2024., Хиршов индекс (h) износи 6, а укупни број цитата других аутора износи 131.

Кандидат је био рецензент је у следећим часописима са SCI листе:

- AEU International Journal of Electronics and Communications (ISSN 1434-8411), издавач Elsevier,
- International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation (ISSN 1565-1339), издавач Freund Publishing House,
- International Journal of Systems Science (ISSN 0020-7721), издавач Taylor & Francis,
- ISA Transactions / Instrumentation, Systems and Automation Society (ISSN 0019-0578), издавач The Instrumentation, Systems and Automation Society,
- Journal of Intelligent and Robotic Systems (ISSN 0921-0296), издавач Springer-Verlag,
- Transactions of the Institute of Measurement and Control (ISSN 0142-3312), издавач Hodder Arnold Journals,
- Automatica (ISSN 0005-1098), издавач Pergamon,

Кандидат је одржао два предавања по позиву у оквиру мини-симпозијума на Математичком институту САНУ. Такође, у оквиру манифестације Дани будућности-Роботика одржане у Београду 2012. год. у организацији Центра за промоцију науке и Електротехничког факултета Универзитета у Београду, кандидат је одржао предавање на тему *Webots- softver za simulaciju robota*.

Поседује знање енглеског језика на конверзацијском нивоу, италијанског на средњем и немачког језика на основном нивоу. Познаје и активно користи програмске језике и пакете Matlab, C програмски језик, AutoCad, Solid Works, MS Office, TIA Portal. Кандидат поседује и сертификат о успешном похађању Сименсовог курса TIA-MICRO1 за програмирање програмабилних логичких контролера.

Члан је Српског друштва за механику, и међународне International Union of Theoretical and Applied Mechanics (*IUTAM*) организације. Кандидат је био члан Организационог одбора Петог конгреса Српског Друштва за механику, који се одржао у Аранђеловцу 2015. год.

Кандидат има ORCID ID: orcid.org/0000-0001-7004-2087, ScopusAuthor ID: 55672256400, као и Google Scholar линк scholar.google.com/citations?user=HaqpuNIAAAAJ&hl=sr.

Б. Дисертације

Докторска дисертација: **Мандић П.** *Напредно моделовање сложених роботских система и механизма и примена модерних закона управљања*, Машински факултет Универзитета у

Београду, 09.09.2019., комисија др Михаило Лазаревић, ред. проф. - ментор, др Александар Обрадовић, ред. проф., др Зоран Митровић, ред. проф., др Радиша Јовановић, ванр. проф., др Томислав Шекара, ред. проф., научни степен: Доктор наука – машинско инжењерство, научна област: машинство, ужа научна област: механика.

В. Наставна активност

За време рада на Машинском факултету Универзитета у Београду, кандидат је активно укључен у наставни процес Катедре за механику у реализацији свих видова наставе, и то на следећим наставним предметима на Основним академским студијама: Механика 1, Механика 2, Механика 3. На Мастер академским студијама је био ангажован у реализацији вежби из предмета: Механика робота, Механика М, Биомеханика ткива и органа, Мехатронска роботика. Осим тога, редовно је обављао дежурства на колоквијумима и испитима на којима је био ангажован по задатку Катедре за механику и факултета. Кандидат има вишегодишње искуство у реализацији свих видова наставе и изражен смисао за наставно-педагошки рад. Такође, он је показао и велико залагање у успешном извођењу наставе, односно савесно и одговорно је извршавао све предвиђене наставне активности што свакако указује на наставно-педагошку стручност кандидата за обављање дужности наставника на Универзитету.

У складу са тим, а према резултатима анонимне анкете студената, на основу Правилника о студентском вредновању педагошког рада наставника и сарадника Универзитета у Београду, оцењен је високим оценама (4,43-5,00) током доцентског мандата (Извештај Центра за квалитет наставе и акредитацију - ЦКНА Машинског факултета (број 854/2) од 27. маја.2024. године).

По годинама и свим предметима:

Година	Предмет	Средња оцена
2019/2020.	Механика 2 Механика М Механика 3 Механика робота	4,80
2020/2021.	Механика 1 Механика 3 Механика робота	4,69
2021/2022.	Механика 1 Мехатронска роботика	4,77
2022/2023	Механика 2 Механика 3	4,43
2023/2024	Механика 1 Механика 2	4,52

По предметима за цео период:

Период	Предмет	Средња оцена
Од 2019/2020. до 2023/2024	Механика 1	4,61
	Механика 2	4,51
	Механика 3	4,53
	Механика М	4,77
	Механика робота	5,00
	Мехатронска роботика	5,00

Уџбеници и помоћна наставна литература

Кандидат је коаутор следећег приручника за лабораторијске вежбе:

Мехатронска роботика- приручник за лабораторијске вежбе (аутори: Михаило Лазаревић, **Петар Мандић**), у издању Машинског факултета Универзитета у Београду, година: 2018 (ISBN: 978-86-7083-976-2). Овај приручник је настао са циљем да се попуни празнина у литератури која се односи на ову проблематику, и да студент стекне потребна практична знања и вештине, са посебним освртом на моделирање савремених роботских система, као и управљању истих.

Предавања по позиву

У оквиру семинара Mechanics Colloquium, који је реализован на Математичком институту САНУ у Београду, кандидат је 29. марта 2023. године одржао предавање по позиву под називом *Управљање кретања роботских система применом модерних закона управљања*.

Рад на обезбеђивању научно-наставног подмлатка

У току рада на Машинском факултету Универзитета у Београду кандидат је био члан две комисије за оцену и одбрану докторске дисертације. Учествовао је у комисијама за оцену и одбрану седам мастер радова.

Учешће у Комисијама за оцену и одбрану докторских радова

1. Бошко Цветковић, дипл. маш. инж., *Пројектовање савремених система управљања работа применом развојних програмабилних система и савремене теорије рачуна нецелог реда*, датум одбране 27.09.2021., Машински факултет Универзитета у Београду (Комисија: др Михаило Лазаревић, ред. проф., др Радиша Јовановић, ред. проф., др Немања Зорић, ванр. проф., **др Петар Мандић**, доцент, др Томислав Шекара, ред. проф.,)

2. Дарко Радојевић, дипл. маш. инж., *Стабилност посебних класа механичких система нецелог и целог реда са кашњењем на коначном временском интервалу*, датум одбране: 28.09.2022., Машински факултет Универзитета у Београду (Комисија: др Михаило Лазаревић, ред. проф., **др Петар Мандић**, доцент, др Сретен Стојановић, ред. проф.)

Учешће у Комисијама за оцену и одбрану мастер радова

1. Никола Љ. Живковић, *Математичко моделовање и управљање егзоскелетним системом за рехабилитацију* (датум одбране: септембар 2018), Машински факултет Универзитета у Београду, (Комисија: др Михаило Лазаревић, ред. проф., др Лидија Матија, ред. проф., **Петар Мандић**, асист.)

2. Стјепка Пишла, *Управљање роботским системом са три степена слободe помоћу ПИД алгоритама применом рачуна нецелог реда* (датум одбране: септембар 2018), Машински факултет Универзитета у Београду, (Комисија: др Михаило Лазаревић, ред. проф., др Срђан Рибар, ванр. проф., **Петар Мандић**, асист.)

3. Иван Шутић, *Управљање роботског система са три степена слободe применом методе Д разлагања и ПС алгорита* (датум одбране: септембар 2020), Машински факултет

Универзитета у Београду, (Комисија: др Михаило Лазаревић, ред. проф., др Радиша Јовановић, ванр. проф., **Петар Мандић**, доц.)

4. Петар Ђурић, *Гласовно управљање роботског манипулатора са системом за препознавање облика* (датум одбране: септембар 2020), Машински факултет Универзитета у Београду, (Комисија: др Милан Ристановић, ред. проф., др **Петар Мандић**, доц., Горан Петровић, асист.)

5. Никола Дрндаревић, *Дизајнирање роботског система за мерење координата и синтеза ПС управљачког система конвенционалним приступом P-PD тип и применом У-модела*, (датум одбране: септембар 2020), Машински факултет Универзитета у Београду, (Комисија: др Михаило Лазаревић, ред. проф., др Срђан Рибар, ванр. проф., **Петар Мандић**, доц.)

6. Андрија Девећ, *Пројектовање и управљање једног роботског система са шест степени слободе* (датум одбране: септембар 2020), Машински факултет Универзитета у Београду, (Комисија: др Михаило Лазаревић, ред. проф., др Милан Ристановић, ред. проф., **Петар Мандић**, доц.)

7. Александар Дубоњац, *Управљање роботског система са три степена слободе применом ПС алгоритма у ограниченом простору стања*, (датум одбране: септембар 2020), Машински факултет Универзитета у Београду (Комисија: др Михаило Лазаревић, ред. проф., др Милан Ристановић, ред. проф., др **Петар Мандић**, доц.)

Г. Библиографија научних и стручних радова

У оквиру овог одељка наведени су радови кандидата, разврстани у две групе. У првој групи - Г1 налазе се радови које је кандидат објавио пре избора у звање доцента, а у другој групи - Г2 су радови које је објавио у меродавном изборном периоду – након избора у звање доцента.

Г.1 Библиографија научних и стручних радова пре избора у звање доцента

Г.1.1 МОНОГРАФСКА СТУДИЈА/ПОГЛАВЉЕ У КЊИЗИ М12 ИЛИ РАД У ТЕМАТСКОМ ЗБОРНИКУ МЕЂУНАРОДНОГ ЗНАЧАЈА (М10)

Радови објављени у тематском зборнику међународног значаја (М14)

1.1.1 **Mandić P.**, Lazarević M., Šekara T., *Stabilization of inverted pendulum by fractional order PD controller with experimental validation: D-decomposition approach*, in: A. Rodić, T. Borangiu (Editors.), *Advances in Robot Design and Intelligent Control, RAAD 2016, Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol. 540, pp. 29–37, Springer, Cham, 2017. (DOI:10.1007/978-3-319-49058-8_4, ISBN 978-3-319-49057-1)

Г.1.2 РАДОВИ ОБЈАВЉЕНИ У НАУЧНИМ ЧАСОПИСИМА МЕЂУНАРОДНОГ ЗНАЧАЈА (М20)

Рад објављени у међународним часописима изузетних вредности (М21а)

1.2.1 **Mandić P.**, Šekara T., Lazarević M., Bošković M., *Dominant pole placement with fractional order PID controllers: D-decomposition approach*, *ISA Transactions*, Vol. 76, pp. 76-86, 2017. (DOI: 10.1016/j.isatra.2016.11.013, ISSN: 0019-0578, IF 2016: 3.394)

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1.2.2 **Mandić P.**, Lazarević M., Šekara T., *D-decomposition technique for stabilization of Furuta pendulum: fractional approach*, Bulletin of the Polish Academy of Sciences- Technical Sciences, Vol. 64(1), pp. 189–196, 2016. (DOI: 10.1515/bpasts-2016-0021, ISSN: 2300-1917, IF 2016: 1.156)

Рад у националном часопису међународног значаја (M24)

1.2.3 **Mandić P.**, Lazarević M., *An application example of Webots in solving control tasks of robotic system*, FME Transactions, Vol. 41, No. 2, pp. 153-162, 2013. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/342436>, ISSN: 1451-2092)

Г.1.3 ЗБОРНИЦИ МЕЂУНАРОДНИХ НАУЧНИХ СКУПОВА (M30)

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1.3.1 Lazarević M., **Mandić P.**, Vasić V., *Some applications of NeuroArm interactive robot and Webots robot simulation tool*, Proceedings of the 10th International Conference on Accomplishments in Electrical, Mechanical and Informatic Engineering DEMI 2011, pp. 923-928, Bosnia and Herzegovina, 26. - 28. May, 2011. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/491149>, ISBN: 978-99938-39-36-1)

1.3.2 **Mandić P.**, Lazarević M., *Jedan primer primene Webots-a u rešavanju zadataka upravljanja robotskog sistema*, ETRAN2012, RO3.5 pp.1-4, Zlatibor 11-14 June, 2012. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/342537>, ISBN 978-86-80509-67-9)

1.3.3 Lazarević M., Batalov S., Cajić M., **Mandić P.**, *Further results on integer and non-integer order PID control of robotic system*, XLVIII International scientific conference on information, communication and energy systems and technologies ICEST 2013, 2, pp. 801-804, Macedonia, 26. - 29. June, 2013. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/526911>, ISBN: 978-9989-786-89-1)

1.3.4 Lazarević M., **Mandić P.**, Latinović T., Thomessen T., *Some results of control and simulation of NeuroArm robot*, Proceedings of the 11th International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology, DEMI 2013, pp. 1077-1083, Bosnia and Herzegovina, 30. May - 01. June, 2013. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/383316>, ISBN: 978-99938-39-46-0)

1.3.5 **Mandić P.**, Lazarević M., Stojanović S., Ristanović M., *Real time fractional order control of rotary inverted pendulum*, Proceedings of the 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, pp. 129-134, Vrnjacka Banja, Serbia, 4. - 7. June, 2013. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/597800>, ISBN: 978-86-909973-5-0)

1.3.6 **Mandić P.**, Lazarević M., Stojanović S., Ristanović M., *Real time control of rotary inverted pendulum*, Proceedings of the 11th International conference on accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology, pp. 1059-1065, Bosnia and Herzegovina, 30. May - 01. June, 2013. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/467009>, ISBN: 978-99938-39-46-0)

1.3.7 **Mandić P.**, Babić I., Tešanović S., Stojanović S., Ristanović M., Lazić D., *Modeling, simulation and control of winter regime of an air conditioning system in a classroom*, 44th International HVAC&R Congress, 4-12th December 2013, Belgrade, Serbia, pp.135-143. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/605952>, ISBN 978-86-81505-69-4)

1.3.8 Babić I., Lazić D., **Mandić P.**, Ristanović M., Tešanović S., *Discrete modeling and control of winter regime of an air conditioning system*, XII Triennial International SAUM Conference on

Systems, Automatic Control and Measurements, pp. 200-205, Serbia, 12. - 14. November, 2014. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/221233>, ISBN: 978-86-6125-117-7)

1.3.9 **Mandić P.**, Lazarević M., Šekara T., *Fractional order PD control of Furuta pendulum: D-decomposition approach*, International Conference on Fractional Differentiation and its Application ICFDA14, pp. 1-7, Italy, 23. - 25. June, 2014. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/308453>, ISBN: 978-1-4799-2590-2)

1.3.10 **Mandić P.**, Lazarević M., Šekara T., *D-decomposition method for stabilization of inverted pendulum using fractional order PD controller*, Proceedings of the 1st International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, pp. ROI 1.4. 1-6, Serbia, 2. - 5. June, 2014. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/372207>, ISBN: 978-86-80509-70-9)

1.3.11 Lazarević M., **Mandić P.**, *Feedback-feedforward iterative learning control for fractional order uncertain time delay system–PD alpha type*, International Conference on Fractional Differentiation and its Application ICFDA14, pp. 1-6, Italy, 23. - 25. June, 2014. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/528183>, ISBN: 978-1-4799-2590-2)

1.3.12 **Mandić P.**, Lazarević M., Šekara T., *An algorithm for stabilization of linear control systems using fractional order PID controllers*, 4th Mathematical Conference of the Republic of Srpska, pp. 195-208, Trebinje, R. Srpska, 6. - 7. July, 2014. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/227692>, ISBN: 978-99976-600-3-9)

1.3.13 **Mandić P.**, Lazarević M., Šekara T., *Control of the cart pendulum system by using a fractional order PD controller*, Proceedings of the 12th International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology, pp. 557 - 562, Banjaluka, R. Srpska, 29. - 30. May, 2015. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/299330>, ISBN: 978-99938-39-53-8)

1.3.14 **Mandić P.**, Lazarević M., Šekara T., Đurović N., *Stabilization of cart pendulum system by using fractional order PD controller*, Proceedings of the 5th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Arandjelovac, Serbia, 15. - 17. June, 2015. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/322205>, ISBN: 978-86-7892-715-7)

1.3.15 Bošković M., Šekara T., **Mandić P.**, Lazarević M., Govedarica V., *A new design method of PID controller applying pole spectrum and D-decomposition under constraints on performance*, Proceedings of the 14th International Symposium INFOTEH-JAHORINA 2015, pp. 808-812, Jahorina, R. Srpska, 18. - 20. March, 2015. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/170240>, ISBN: 978-99955-763-6-3)

1.3.16 Cvetković B., Lazarević M., Maneski T., **Mandić P.**, Lutovac B., Šekara T., *Data acquisition using single board computer Raspberry Pi model B*, Proceedings of the 21st Information technology conference IT16, pp. 69-72, , Žabljak, Montenegro, 29. February - 05. March, 2016. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/471017>, ISBN: 978-86-85775-18-5)

1.3.17 Cvetković B., Lazarević M., Đurović N., **Mandić P.**, *Open-closed loop fractional-order iterative learning control for singular fractional-order system*, International Conference on Fractional Differentiation and its Application ICFDA16, pp. 404-414, Novi Sad, Serbia, 18. - 20. July, 2016. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/429148>, ISBN: 978-86-7892-830-7)

1.3.18 Bučanović Lj., Lazarević M., **Mandić P.**, Šekara T., *Multivariable fractional order PID control of the cryogenic process of mixing of two gaseous airs flows: D-decomposition method*, International Conference on Fractional Differentiation and its Application ICFDA16, pp. 903-904, Novi Sad, Serbia, 18. - 20. July, 2016. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/532767>, ISBN: 978-86-7892-830-7)

- 1.3.19 Bošković M., Šekara T., Rapaić M., Lazarević M., **Mandić P.**, *A novel ARX-based discretization method for linear non-rational systems*, International Conference on Fractional Differentiation and its Application ICFDA16, pp. 343 - 352, Novi Sad, Serbia, 18. - 20. July, 2016. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/429423>, ISBN: 978-86-7892-830-7)
- 1.3.20 Lazarević M., **Mandić P.**, Djurović N., Šekara T., Lutovac B., *Some electromechanical systems and analogies of mem-systems integer and fractional order*, Proceedings of the 5th Mediterranean Conference on Embedded Computing, pp. 230-233, Montenegro, 12. - 16. June, 2016. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/190911>, ISBN: 978-1-5090-2221-2)
- 1.3.21 Šekara T., Bošković M., **Mandić P.**, Lazarević M., Rapaić M., *A new discretization method of PI/PID controller*, Proceedings of the 15th International Symposium INFOTEH-JAHORINA 2016, pp. 768-772, Jahorina, R. Srpska, 16. - 18. Mar, 2016. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/377163>, ISBN: 978-99955-763-9-4)
- 1.3.22 **Mandić P.**, Lazarević M., Šekara T., Jovanović R., *Stabilization of the cart pendulum system by fractional order control with experimental realization*, International Conference on Fractional Differentiation and its Application ICFDA16, pp. 415-423, Novi Sad, Serbia, 18. - 20. July, 2016. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/526355>, ISBN: 978-86-7892-830-7)
- 1.3.23 Bošković M., Rapaić M., Šekara T., **Mandić P.**, Lazarević M., *Pole placement based design of PIDC controller under constraint on robustness*, Proceedings of the 16th International Symposium INFOTEH-JAHORINA 2017, pp. 664-668, Jahorina, R. Srpska, 2017. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/333981>, ISBN: 978-99976-710-0-4)
- 1.3.24 **Mandić P.**, Lazarević M., Stokić Z., Šekara T., *Dynamic modelling and control design of seven degrees of freedom robotic arm*, Proceedings of the 6th International Congress of Serbian Society of Mechanics, C1d, pp. 1-8, Tara, Serbia, 19. - 21. June, 2017. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/388095>, ISBN: 978-86-909973-6-7)
- 1.3.25 Lazarević M., Djurović N., Cajić M., Cvetković B., **Mandić P.**, Bučanović Ljubiša, *Feedback PD α type iterative learning control for fractional order human arm support nonlinear system*, Proceedings of the 9th European nonlinear dynamics conference ENOC2017, Paper ID 353, Budapest, Hungary, 25. - 30. June, 2017. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/460544>, ISBN: 978-963-12-9168-1)
- 1.3.26 **Mandić P.**, Lazarević M., Šekara T., Cajić M., Bučanović Lj., *Stabilization of double inverted pendulum system by using a fractional differential compensator*, Proceedings of the 29th Chinese Control And Decision Conference CCDC2017, pp. 1911-1916, Chongqing, China, 28. - 30. May, 2017. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/572061>, ISBN: 978-1-5090-4656-0)
- 1.3.27 Lazarević M., Cajić Milan, **Mandić P.**, Šekara T., Guang S.H., Karličić D., *Multi-mode active vibration control of a nanobeam using a non-square MIMO PID controller*, Proceedings of the 29th Chinese Control And Decision Conference CCDC2017, pp. 57-62, Chongqing, China, 28. - 30. May, 2017. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/240787>, ISBN: 978-1-5090-4656-0)
- 1.3.28 Bošković M., Šekara T., Lutovac B., Daković M., **Mandić P.**, Lazarević M., *Analysis of electrical circuits including fractional order elements*, Proceedings of the 6th Mediterranean Conference on Embedded Computing MECO2017, pp. 1-6, Bar, Montenegro, 11. - 15. June, 2017. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/190909>, ISBN: 978-5090-6742-8)
- 1.3.29 Lazarević M., Đurović N., Cvetković B., **Mandić P.**, Cajić M., *PD α type iterative learning control for fractional-order singular time-delay system*, Proceedings of the 29th Chinese Control And Decision Conference CCDC2017, pp. 1905-1910, Chongqing, China, 28. - 30. May, 2017. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/459737>, ISBN: 978-1-5090-4656-0)

- 1.3.30 Lazarević M., **Mandić P.**, Cvetković B., Bučanović Lj., Dragović M., *Advanced open-closed-loop PIDD2 /PID type ILC control of a robot arm*, Innovations in Intelligent Systems and Applications, pp. 1-8, Thessaloniki, Greece, 3. - 5. July, 2018. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/441145>, ISBN: 978-1-5386-5150-6)
- 1.3.31 Cvetković B., Nešić V., Lazarević M., **Mandić P.**, Marić P., Dragović M., *Advanced hardware control for seven DOFs robotic arm -neuro arm*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering KOD2018, Vol. 393, 1, pp. 1-8, Novi Sad, Serbia, 6. - 8. June, 2018. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/493274>, DOI: 10.1088/1757-899X/393/1/012110, ISSN: 1757-899X)
- 1.3.32 **Mandić P.**, Lazarević M., Šekara T., Cvetković B., *Robust PID control for robot manipulators with parametric uncertainties*, Proceedings of 5th International Conference IcETRAN 2018, pp. 1054-1059, Palić, Serbia, 11. - 14. June, 2018. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/222930>, ISBN: 978-86-7466-752-1)
- 1.3.33 Bučanović Lj., Lazarević M., **Mandić P.**, Šekara T., Dragović M., Govedarica V., *Multivariable control of the cryogenic process 2x2 using a PID regulator designed in relation to the required robustness*, Proceedings of the 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA 2018, pp. 444-448, Jahorina, R. Srpska, 21. - 23. March, 2018. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/439325>, ISBN: 978-99976-710-1-1)
- 1.3.34 Bošković M., Rapaić M., Šekara T., **Mandić P.**, Lazarević M., Cvetković B., Lutovac B., Daković M., *On the rational representation of fractional order lead compensator using Padé approximation*, Proceedings of the 7th Mediterranean conference on embedded computing MECO2018, pp. 1-4, Budva, Montenegro, 11. - 14. June, 2018. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/281140>, ISBN: 978-1-5386-5683-9)
- 1.3.35 **Mandić P.**, Lazarević M., *A fractional order viscous friction model in robotic joints*, Proceedings of the 7th International Congress of Serbian Society of Mechanics, pp. 1-2 (C1d), Sremski Karlovci, Serbia, 24. - 26. June, 2019. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/398484>, ISBN: 978-86-909973-7-4)
- 1.3.36 **Mandić P.**, Lazarević M., Šekara T., Bošković M., Maione G., *Robust control of robot manipulators using fractional order lag compensator*, Proceedings of the 7th International Congress of Serbian Society of Mechanics, pp. 1-10 (C1c), Sremski Karlovci, Serbia, 24. - 26. June, 2019. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/295111>, ISBN: 978-86-909973-7-4)
- 1.3.37 Bošković M., Rapaić M., Šekara T., **Mandić P.**, Lazarević M., *A novel method for design of complex compensators in control systems*, Proceedings of the 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA 2019, pp. 382-387, Jahorina, R. Srpska, 2019. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/375494>, ISBN: 978-99976-710-2-8)

Г.1.4 МОНОГРАФИЈА НАЦИОНАЛНОГ ЗНАЧАЈА

Поглавље у књизи М42 (М45)

- 1.4.1 Lazarević M., Vidaković J., Cajić M., **Mandić P.**, *Prilog modeliranju i upravljanju robotskih i adaptronskih sistema*, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, 2014. (ISBN: 978-86-7083-833-8)
- 1.4.2 Lazarević M., **Mandić P.**, Bučanović Lj., *Napredni sistemi upravljanja dinamičkim sistemima: frakcioni pristup*, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, 2017. (ISBN: 978-86-7083-941-0)

Г.1.5 РАДОВИ У ЧАСОПИСИМА НАЦИОНАЛНОГ ЗНАЧАЈА (М50)

Рад у часопису националног значаја (М52)

1.5.1 Lazarević M., Đurović N., Cvetković B., **Mandić P.**, Ljubiša B., *Fractional-order iterative learning control for singular fractional order systems*, Scientific Technical Review, Vol. 66(3), pp. 40 - 49, 2016. (DOI: 10.5937/str1603040L, ISSN: 1820-0206)

1.5.2 Lazarević M., Đurović N., **Mandić P.**, *Closed-loop iterative learning control for fractional-order linear singular time-delay system: PD α -type*, Scientific Technical Review, Vol. 68(2), pp. 17–25, 2018. ([DOI: 10.5937/str1802017L](https://doi.org/10.5937/str1802017L), ISSN: 1820-0206)

Г.1.6 ЗБОРНИЦИ СКУПОВА НАЦИОНАЛНОГ ЗНАЧАЈА (М60)

Предавања по позиву са скупа националног значаја штампано у изводу (М62)

1.6.1 **Mandić P.**, Lazarević M., *Stabilization of an inverted double pendulum by fractional order controller: d-decomposition approach*, 70 years of the Mathematical Institute of SASA, Mini-symposium “Non-Linear Dynamics with Applications in Engineering Systems”, pp. 11-12, Serbia, 26. - 26. October, 2016. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/460406>, ISBN: 978-86-7746-623-7)

1.6.2. **Mandić P.**, Lazarević M., Šekara T., *Stabilization control of inverted pendulum systems by fractional order PD controller based on D-decomposition technique*, Mini-symposium “Fractional calculus with applications in problems of diffusion, control and dynamics of complex systems”, Serbia, 13. July, 2016. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/606232>, ISBN: 978-86-7746-613-8)

1.6.3 Lazarević M., **Mandić P.**, *Further results on advanced modeling and control of complex mechanical systems*, Booklet of Abstracts Symposium “Nonlinear Dynamics –Scientific Work of Prof. Dr Katica (Stevanović) Hedrih”, Belgrade, 04.-06. September 2019. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/605979>)

Г.1.7 ОДБРАЊЕНА ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА (М70)

Докторска дисертација (М71)

1.7.1 **Мандић Петар**, *Напредно моделовање сложених роботских система и механизма и примена модерних закона управљања*, Машински факултет Универзитета у Београду, 2019.

Г.1.8 УЧЕШЋЕ НА ПРОЈЕКТИМА

Учешће у научноистраживачким пројектима финансираним од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије

1.8.1 Пројекат технолошког развоја финансиран од МНТР Републике Србије, за период од 2011. до 2014. са продужетком до краја 2019. године, *Интелигентни системи управљања климатизације у циљу постизања енергетски ефикасних режима у сложеним условима експлоатације*, ТР-33047. Руководилац пројекта: проф др Драган Лазић.

1.8.2 “*Fractional order control and modeling of mechanical behavior of nanomaterials and nanostructures*“, Акроним: *FOCMNANOM*” научно-билатерални пројекат између Републике Србије и НР Кине, бр. пројекта 3-12 (2016-2017).

1.8.3 “*Advanced robust fractional order control of dynamical systems: new methods for design and realization*“, Акроним: *ADFOCMEDER*, научно-билатерални пројекат између Републике Србије и Италије, (2019-2022).

Г.2 Библиографија научних и стручних радова у меродавном изборном периоду (после избора у звање доцента)

Г.2.2 РАДОВИ ОБЈАВЉЕНИ У НАУЧНИМ ЧАСОПИСИМА МЕЂУНАРОДНОГ ЗНАЧАЈА (М20)

Рад у истакнутом међународном часопису (М22)

2.2.1 **Mandić P.**, Bošković M., Šekara T., Lazarević M., *A new optimization method of PIDC controller under constraints on robustness and sensitivity to measurement noise using amplitude optimum principle*, International Journal of Control, Vol. 97(1), pp. 36-50, 2021. (DOI: 10.1080/00207179.2021.1912392, ISSN: 0020-7179, IF 2020: 2.888)

Рад у међународном часопису (М23)

2.2.2 Lazarević M., **Mandić P.**, Ostojić S., *Further results on advanced robust iterative learning control and modeling of robotic systems*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C-Journal of Mechanical Engineering Science, Vol. 235(20), pp. 4719–4734, 2021. (DOI: 10.1177/0954406220965996, ISSN: 0954-4062, IF 2020: 1.762)

Г.2.3 ЗБОРНИЦИ МЕЂУНАРОДНИХ НАУЧНИХ СКУПОВА (М30)

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (М33)

2.3.1 **Mandić P.**, Lino P., Maione G., Lazarević M., Šekara T., *Design of fractional-order lag network and fractional-order PI controller for a robotic manipulator*, IFAC PAPERSONLINE, 53(2), pp. 3669–3674, 2020. (<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2050>, <https://enauka.gov.rs/handle/123456789/227639>, ISSN: 2405-8963)

2.3.2 Cvetković B., Lazarević M., **Mandić P.**, Šekara T., Lino P., *Open closed-loop PD^μ/PD type ILC control of NeuroArm robotic system*, 8th International Congress of Serbian Society of Mechanics, pp. 344-353, Kragujevac, Serbia, June 28-30, 2021. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/579166>, ISBN: 978-86-909973-8-1)

2.3.3 Lazarević M., Radojević D., **Mandić P.**, Pišl S., *Further results on robust finite-time stability nonstationary two-term neutral nonlinear perturbed fractional - order time delay systems*, 9th International Congress of the Serbian Society of Mechanics, pp. 225-234, July 5-7, 2023, Vrnjačka Banja, Serbia. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/855374>, ISBN: ISBN-978-86-909973-9-8)

2.3.4 Lazarević M., Radojević D., **Mandić P.**, Pišl S., Šekara T., *Upravljanje u povratnoj sprezi sa kašnjenjem određene klase mehaničkih sistema necelog i celog reda: neka pitanja stabilnosti i stabilizacije na konačnom vremenskom intervalu*, Zbornik Radova XXII Međunarodni Simpozijum INFOTEH-JAHORINA 2023, pp. 285-290, 15 - 17. Mart 2023, Jahorina, Istočno Sarajevo, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/610586>, ISBN: 978-99976-996-1-9)

2.3.5 **Mandić P.**, Šekara T., Lazarević M., *Analytical design of resonant controller applied for solving robot arm tracking problem*, 9th International Congress of the Serbian Society of Mechanics, pp. 275-282, 5-7 July, 2023, Vrnjačka Banja, Serbia. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/845422>, ISBN: 978-86-909973-9-8)

2.3.6 Bošković M., Šekara T., Stojić Đ., Rapačić M., **Mandić P.**, *A new analytical design method of resonant controllers in digital domain under robustness constraints*, 23rd International Symposium INFOTEH-JAHORINA, 20-22 March 2024, East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2024. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/920561>, ISBN: 979-8-3503-2994-0)

Саопштење са међународног научног скупа штампано у изводу (M34)

2.3.7 **Mandić P.**, Lazarević M., Šekara T., Maione G., Lino P., *Application of iterative learning control for path following of 3DOFs robot arm*, Book of Abstracts: 1st International Conference on Mathematical Modelling in Mechanics and Engineering Mathematical Institute SANU, 08-10. September, 2022. (<https://enauka.gov.rs/handle/123456789/579162>, ISBN: 978-86-6060-127-0)

Г.2.4 УЧЕШЋЕ НА ПРОЈЕКТИМА

2.4.1 Пројекат технолошког развоја финансиран од МНТР Републике Србије, под насловом „Интегрисана истраживања у области макро, микро и нано машинског инжењерства”

- за период од 01.01.2020. до 31.12.2020., према уговору о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИО у 2020. години (ев.бр. 451-03-68/2020-14/200105 од 24.01.2020). Руководилац пројекта: проф. др. Радивоје Митровић),
- за период од 01.01.2021. до 31.12.2021., према уговору о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИО у 2021. години (ев.бр. 451-03-9/2021-14/200105 од 05.02.2021). Руководилац пројекта: проф. др. Радивоје Митровић),
- за период од 01.01.2022. до 31.12.2022., према уговору о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИО у 2022. години (ев.бр. 451-03-68/2022-14/200105, руководилац пројекта: проф. др. Владимир Поповић),
- за период од 01.01.2023. до 31.12.2023., према уговору о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИО у 2023. години (ев.бр. 451-03-47/2023-01/200105, руководилац пројекта: проф. др. Владимир Поповић), и
- за 2024. годину, према уговору о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИО у 2024. години (ев.бр. 451-03-65/2024-03/200105, руководилац пројекта проф. др. Владимир Поповић).

Д. Приказ и оцена научног рада кандидата

Кандидат др Петар Мандић је током докторских студија и досадашњег рада на Катедри за механику показао кроз публиковане научне радове да се са успехом може бавити различитим темама из области механике и роботике.

Кандидат је остварио значајне резултате у области динамике система крутих тела, са посебним освртом на управљање и анализу стабилности роботских система типа отвореног кинематичког ланца и механизма. Притом, посебна пажња је посвећена примени теорије рачуна нецелобројног реда (фракционог рачуна), која представља савремен и модеран приступ решавања проблема у наведеним областима истраживања. Кандидат је успешно користио аналитичке и нумеричке методе за моделовање и управљање разматраних класа механичких система који су представљени одговарајућим системом крутих тела. Као резултат рада кандидат је публиковао у међународним часописима један рад категорије M21a, два рада из категорије M22, један рад категорије M23, као и један рад у тематском зборнику међународног значаја (M14).

Д1. Приказ и оцена научног рада кандидата пре избора у звање доцента

У раду 1.1.1 дат је и разматран математички модел ротационог и трансляторног инверзног клатна. За управљање датим објектима коришћен је пропорционално-диференцијални регулатор фракционог (нецелобројног) реда, а добијени теоријски резултати потврђени су експериментом на лабораторијском моделу инверзног клатна са два степена слободе. Показано је да примена предложеног управљачког система фракционог реда резултује бољим перформансама система, тј. краћим временом смирења и мањим прескоком.

Метода доминантног подешавања полова помоћу фракционог пропорционално-интегрално-диференцијалног регулатора разматрана је у раду **1.2.1**. Предност регулатора фракционог реда над класичним контролерима потврђена је симулацијама за велики број модела заступљених у индустријским процесима односно кандидат је ову методу искористио у докторској дисертацији за подешавање параметара робусног управљачког система роботског манипулатора са шест степени слободе. Пројектовани систем одликује се великом робустношћу и даје задовољавајући одзив система и при ненормалним условима рада. Асимптотска стабилност Фурутиног клатна, као еклатантан пример једног подактуаторског механичког система, испитивана је у раду **1.2.2**. Математички модел инверзног клатна изведен је у виду Лагранжевих једначина друге врсте у коваријантном облику. Добијене нелинеарне диференцијалне једначине нису прикладне за увођење управљања, па је њихово поједностављење изведено применом тзв. парцијалне *feedback* линеаризације. Даље, методом Д-разлагања добијене су области стабилности у параметарској равни за различите параметре фракционог пропорционално-диференцијалног регулатора. Нови резултати укључују приказ домена стабилности у тродимензионалном простору за различите вредности извода фракционог реда.

У радовима **1.2.3** и **1.3.2** презентован је софтверски пакет *Webots* за симулацију роботских система, где је успешно реализовано управљање роботског манипулатора са четири степена слободе чији је задатак решавање тзв. *Tower of Hanoi* проблема. За добијање диференцијалних једначина кретања роботског манипулатора искориштен је Родригов приступ који се одликује употребом истоимених матрица трансформације. Овакав приступ изузетно је погодан за описивање роботских система типа отвореног кинематичког ланца, јер се читав поступак може прилагодити за употребу на рачунару у циљу аутоматског добијања диференцијалних једначина кретања. Један пример интелигентног управљања заснованог на методи генетских алгоритама примењен на проблему позиционирања роботског система са три степена слободе, дат је у раду **1.3.3**. У радовима **1.3.1** и **1.3.4** приказане су могућности напредног роботског система који је дат у облику роботске руке са седам степени слободе (*NeuroArm*). Посебно је анализиран проблем позиционирања врха роботске хваталке. Напредни управљачки алгоритми за ротационо инверзно клатно су представљени у радовима **1.3.5** и **1.3.6**. Применом фракционог регулатора укупан број подешљивих параметара је већи у односу на класичан регулатор, чиме се могу додатно побољшати карактеристике система са становишта перформанси, робустности итд, што је у овим радовима и показано. Метода Д-разлагања за испитивање стабилности система за случај нелинеарне параметарске зависности разматрана је у раду **1.3.9**. Главни допринос у овом раду огледа се у новом алгоритму за одређивање домена стабилности динамичких система при нелинеарној зависности параметара, с обзиром да у стручној литератури нема пуно радова који се баве овом проблематиком. У радовима **1.3.10** и **1.3.12** је разматран проблем одређивања домена стабилности у параметарској равни регулатора фракционог типа, али за случај линеарне параметарске зависности. Увођењем извода фракционог типа, добијени су веће области стабилности у односу на случај примене класичног пропорционално-диференцијалног регулатора, што је приказано и истакнуто у овим радовима.

Теоријски и експериментални подаци стабилизације линеарног инверзног клатна помоћу пропорционално-диференцијалног регулатора фракционог реда разматрани су у радовима **1.3.13**, **1.3.14**, **1.3.22** и **1.6.2**. Главни доприноси у овим радовима су следећи: изведен је математички модел лабораторијског инверзног клатна, затим је на основу модела извршена синтеза управљачког система применом управљачког система фракционог реда. Верификација тако добијених теоријских резултата потврђена је њиховим поклапањем у великој мери са резултатима експеримента. Стабилизација и управљање двоструког инверзног клатна применом закона управљања нецелобројног реда испитивана је у радовима **1.3.26** и **1.6.1**.

Пример ПД-алфа типа итеративног управљања учењем фракционог реда за динамичке системе фракционог реда са временским кашњењем дат је у радовима **1.3.11** и **1.3.29**. Примена новог интелигентног итеративног управљања учењем П/ПД-алфа типа за сингуларне мехатроничке системе фракционог реда, испитивана је у радовима **1.3.17**, **1.3.25** и **1.5.1**. Пример интелигентног итеративног управљања учењем ПИДД²/ПИД типа примењеног на управљање роботске руке са три степена слободе, предмет је рада **1.3.30**. У раду **1.3.15** дата је једна нова метода пројектовања пропорционално-интегралног-диференцијалног регулатора за задате перформансе система у затвореној спрези применом спектра полова и Д-разлагања. У радовима **1.3.19**, **1.3.21** и **1.3.34** је посвећена пажња проблематици ефикасним методама дискретизације ради имплементације нових управљања фракционог типа за роботске системе. Тако је у раду **1.3.19** описана је нова метода дискретизације линеарних система описаних нерационалним преносним функцијама користећи тзв. ARX модел идентификације. Метода дискретизације ПИ/ПИД регулатора и добијање рационалне репрезентације фракционог компензатора применом Падеове апроксимације дате су у радовима **1.3.21** и **1.3.34**.

Управљање роботским манипулатором применом нове хардверске платформе засноване на *NanoPi* архитектури приказано је у раду **1.3.31**. Аквизиција података коришћењем развојних плоча за прикупљање сигнала у реалним условима рада мехатроничких система, као и предности ових система у односу на друге, предмет је истраживања у раду **1.3.16**. Пројектовање ПИДЦ регулатора применом методе спектра полова са циљем што бољег потискивања поремећаја динамичких система тема је рада **1.3.23**. У раду **1.3.37** представљена је нова метода пројектовања сложених компензатора ради добијања одзива роботског система без прескока, што представља један од битних захтева у раду истих. При томе, у оба рада вођено је рачуна о робусности затвореног система увођењем одговарајућих функција осетљивости и ограничавањем њихових максималних вредности.

Управљање и моделовање роботских система предмет је истраживања радова **1.3.24**, **1.3.32**, **1.3.35** и **1.3.36**. Да би управљање роботског манипулатора са седам степени слободе кретања, као изразито нелинеарним системом било могуће, извршена је пуна *feedback* линеаризација. Затим, приказане су и различите методе пројектовања регулатора целобројног и нецелобројног типа ради добијања што робуснијег система роботског управљања. Посебно је обрађена пажња на добијање одзива роботског система без прескока и при неноминалним условима рада, што је чест и веома битан захтев при решавању проблема позиционирања врха роботске хваталке. Такође, у раду **1.3.35** представљен је нови модел трења фракционог реда који се јавља у зглобовима роботских система у циљу бољег поклапања експерименталних и нумеричких резултата.

Савремена теорија рачуна нецелобројног реда и примена класичне теорије управљања у задацима управљања роботских, адаптронских и других динамичких система, приказана је у монографијама **1.4.1** и **1.4.2**.

О мултидисциплинарном ангажовању кандидата сведоче и радови публиковани у области електротехнике и аутоматског управљања пре свега, радови **1.3.20** и **1.3.28** у којима је приказано добијање сложених модела (електро-)механичких система, уз примену одговарајућих електро-механичких аналозија мемристора, и рачуна нецелобројног реда у моделирању меморијских елемената, и анализе електричних кола са елементима фракционог типа. Активно управљање вибрацијама једне нано-греде је приказано у раду, **1.3.27**. Анализа система климатизације са циљем да се смањи утрошак енергије и да се побољшају динамичке карактеристике објекта дата је у радовима **1.3.7** и **1.3.8**. Мултиваријабилно управљање једним мехатроничким криогеним системом, применом фракционог пропорционално-интегралног-диференцијалног регулатора и Д-разлагања, описано је у радовима **1.3.18** и **1.3.33**.

Д2. Приказ и оцена научног рада кандидата након избора у звање доцента

У раду 2.2.1 описана је нова оптимизациона метода за пројектовање ПИДЦ регулатора. Подешљиви параметри регулатора добијени су решавањем оптимизационог проблема са ограничењима. Предложена су две варијанте оптимизационог критеријума. Прва представља класични *max-min* оптимизациони проблем где је функција циља дата у виду амплитудне фреквентне карактеристике ПИДЦ контролера. Друга варијанта се заснива на ефикасној апроксимацији минимума амплитудне фреквентне карактеристике, чиме се нумерички поступак решавања датог проблема значајно поједностављује. Обе варијанте оптимизационог критеријума резултују ефикасним потискивањем поремећаја, док је истовремено робусност система на немоделовану динамику и отпорност на шум загарантована унапред датим ограничењима. Такође, добар одзив система при промени референтне вредности обезбеђен је применом принципа амплитудског оптимума. Ефикасност описане методе пројектовања потврђена је кроз симулације различитих индустријских процеса.

У раду 2.2.2 изведена је генерализација класичног модела вискозног трења применом рачуна нецелобројног реда. Овај допринос односи се на математички опис вискозног трења које се јавља у ротационим зглобовима роботског система. Наведеном генерализацијом модела омогућено је боље моделовање система, а тиме и смањење непоклапања између експерименталних и нумеричких резултата. Даље, да би се решио проблем праћења роботског манипулатора са три степена слободe у присуству немоделоване динамике система, уводи се робусно итеративно управљање учењем. Прецизније, након извршене технике *feedback* линеаризације нелинеарног система, уводи се интелигентно управљање у директној грани управљачког система, са класичним ПИД регулатором у повратној грани. Доказ конвергенције за наведени модел управљања дат је детаљно у временском домену. На крају, извршена је симулација роботског манипулатора како би се показала ефикасност предложеног управљачког алгорита.

Управљање кретања роботског манипулатора тема је и рада 2.3.1, где се за управљачки алгоритам користи рачун нецелобројног реда. Прво је показано да се нелинеарна динамика роботског система може занемарити у присуству редуктора великог преносног односа између актуатора и роботског сегмента. На тај начин се добија линеаран и распрегнут модел робота који се заснива на динамици мотора једносмерне струје. У циљу управљања истог уводе се два типа регулатора. Прво је употребљен фракциони интегрални компензатор, чији параметри су одређени решавањем оптимизационе процедуре која се заснива на принципу симетричног оптимума. Параметри другог типа регулатора, наиме фракционог ПИ контролера, добијени су подешавањем фреквентне карактеристике отвореног кола система управљања. На основу извршених симулација, дат је упоредни приказ и компаративна анализа ова два регулатора.

Кандидат наставља да се бави темом праћења жељене трајекторије врха роботске хваталке и у радовима 2.3.2, 2.3.5 и 2.3.7. У првом од три наведена рада у директној грани користи се алгоритам итеративног управљања фракционог PD^u типа, док се повратној грани користи класични пропорционално диференцијални регулатор. Параметри овог регулатора су изведени користећи модерну теорију управљања при чему се истовремено узимају у обзир жељене перформансе система, као и његове робусне карактеристике. Штавише, такав компромис могућ је избором само једног подешљивог параметра, што знатно поједностављује практичну имплементацију управљачког система. Рад 2.3.5 приступа проблему праћења на другачији начин, уводећи у структури управљања резонантни контролер. Овај тип регулатора изузетно је погодан за праћење репетитивних трајекторија у простору, и представља научни допринос у литератури која се бави овом проблематиком. Такође, и у овом случају параметри регулатора изведени су аналитички у функцији само

једног подешљивог параметра да би се постигао добар компромис између перформанси и робусности система. Проблем праћења поновљивих затворених трајекторија може се решити и применом итеративног управљања, што је и урађено у раду 2.3.7. Задатак врха роботске хваталке је да прати затворену путању у простору крећући се константном брзином. Да би то било могуће, потребно је прво решити инверзни кинематски задатак користећи нумеричке процедуре, пошто решење у аналитичком облику није могуће. Пажљивим одабиром параметара регулатора, може се постићи брза конвергенција кретања врха роботске хваталке ка жељеној трајекторији.

Радови 2.3.3 и 2.3.4 баве се проблемом стабилности система на коначном временском интервалу. У првом од ова два рада испитује се класа нелинеарних неутралних система са кашњењем фракционог типа. Други рад разматра један механички систем где је у циљу смањења нежељених вибрација примењен пригушни вискоеластични елемент нецелобројног реда. Коначно, рад 2.3.6 наставља се на тему пројектовања резонантних контролера, али у дигиталном домену, и при дејству поремећаја осцилаторног карактера. Ефикасно потискивање поремећаја омогућено је аналитичким пројектовањем регулатора, уз задржавање жељеног нивоа робусности система.

Ђ. Оцена испуњености услова

На основу увида у конкурсни материјал, као и приказа датог у овом реферату, Комисија констатује да кандидат др Петар Мандић, доцент на Катедри за механику Универзитета у Београду – Машинског факултета има:

- Научни степен доктора наука из уже научне области Механика, за коју се бира, стечен на Машинском факултету Универзитета у Београду;
- Десет година искуства у педагошком раду са студентима;
- Изражену способност и смисао за наставно - педагошки рад који је потврђен високим оценама у студентском вредновању педагошког рада наставника и сарадника; просечна оцена студентског вредновања педагошког рада за предмете које предаје у меродавном изборном периоду је 4,74;
- Два од укупно четири рада у часописима са *SCI* листе, објављена у меродавном изборном периоду, категорија M22 и M23;
- Један рад објављен у тематском зборнику међународног значаја, категорије M14;
- Укупно 1 рад у националним часописима међународног значаја категорије M24, и два раду у часописима националног значаја категорије M52;
- Одобрен и објављен један помоћни уџбеник (практикум);
- Два поглавља у националној монографији M45;
- У меродавном изборном периоду кандидат има укупно 7 радова у категоријама M31-34, и то 6 радова из категорије M33 и 1 рад из категорије M34;
- Чланство у организационом одбору једног међународног научног конгреса;
- Знање енглеског језика на конверзацијском нивоу;
- Члан две комисије за оцену и одбрану докторских дисертација;
- Члан седам комисија за оцену и одбрану мастер радова;
- Рецензент је преко 10 радова у научним и стручним часописима, од чега је 7 часописа са међународне *SCI* листе;
- Учешће у пројектима од којих су два финансирана од МПНТР Србије и два научно-билатерална пројекта;
- Кандидат има позитивну цитираност. Према бази SCOPUS од 14.08.2024. има 131 хетероцитат, док вредност Хиршовог индекса (h) износи 6;
- Члан је у Српском друштву за механику и International Union of Theoretical and Applied Mechanics (IUTAM);

Е. Закључак и предлог

На основу детаљног прегледа конкурсног материјала и увидом у стручне и педагошке способности кандидата, и у сагласности са Законом о високом образовању Републике Србије, Законом о Универзитету Републике Србије, Статутом Машинског факултета Универзитета у Београду и Критеријумима за стицање звања наставника на Универзитету у Београду, Комисија констатује да кандидат **др Петар Мандић, дипл. инж. маш.**, доцент на Машинском факултету Универзитета у Београду, испуњава све формалне и суштинске захтеве за избор у звање ванредног професора.

Комисија стога предлаже Изборном већу Машинског факултета Универзитета у Београду и Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду да кандидат **др Петар Мандић, дипл. инж. маш.**, доцент Машинског факултета, буде изабран у звање **ванредног професора** на одређено време од **5 (пет) година** са пуним радним временом за ужу научну област **Механика** на Машинском факултету Универзитета у Београду.

Београд, 22.08.2024.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Михаило Лазаревић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

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

.....
Проф. др Томислав Шекара, редовни професор
Универзитет у Београду, Електротехнички факултет