

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

129/4
(Број захтева)Већу научних области техничких наука(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)10.03.2022.
(Датум)

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

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

УСЛОВНА ОПТИМИЗАЦИЈА ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМА АУТОМАТСКОГ УПРАВЉАЊА ПРИМЕНОМ ПОТПУНЕ ПРЕНОСНЕ ФУНКЦИЈЕ

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Аутоматско управљање

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: ВЛАДИМИР (РАДОМИР) ЗАРИЋ2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд3. Година дипломирања: 2014.

4. Назив магистарске тезе кандидата: _____

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

6. Година одбране магистарске тезе: _____

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

Одсек, смер или група: _____

Година уписа докторских студија: 2014.Обавештавамо Вас да је _____ Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 10.03.2022
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

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

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 129/4
Датум: 10.03.2022. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Владимира Зарића**, маг. инж. маш., бр. 2419/1 од 30.12.2021. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Радиша Јовановић, ред. проф., др Драган Лазић, ред. проф., др Милан Ристановић, ред. проф., др Срђан Рибар, ванр. проф. и др Драган Пршић, ванр. проф., Универзитет у Крагујевцу, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, број 129/3 од 08.03.2022. године, а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 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 10.03.2022. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **ВЛАДИМИР ЗАРИЋ**, маг. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«УСЛОВНА ОПТИМИЗАЦИЈА ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМА АУТОМАТСКОГ УПРАВЉАЊА ПРИМЕНОМ ПОТПУНЕ ПРЕНОСНЕ ФУНКЦИЈЕ»**.

За ментора студенту **Владимиру Зарићу**, именује се **др Радиша Јовановић, ред. проф.**

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

Универзитет у Београду

Машински факултет

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата **Владимира Р. Зарића** за израду докторске дисертације

На основу Пријаве за израду докторске дисертације број 2419/1 од 30.12.2021. године коју је поднео кандидат Владимир Р. Зарић, маг. инж. маш., студент Докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, сагласности Катедре за Аутоматско управљање број 129/1 од 24.01.2022. године и одлуке Наставно научног већа Машинског факултета у Београду број 129/2 од 10.02.2022. године именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под насловом

„Условна оптимизација дискретних система аутоматског управљања применом потпуне преносне функције“.

На основу материјала приложеног уз захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1 Биографски подаци

Владимир Зарић рођен је 05.06.1990. г. у Ивањици, Република Србија. Основну школу завршио је у Ивањици са одличним успехом при чему је награђен дипломом „Вук Стефановић Караџић“. Са одличним успехом је завршио и сва четири разреда природно-математичког смера Гимназије у Ивањици.

Машински факултет Универзитета у Београду уписао је школске 2009/2010. године. Основне академске студије завршио је 13.07.2012. године са просечном оценом 9,51 (девет и 51/100). Мастер академске студије Машинског факултета Универзитета у Београду уписује школске 2012/2013. године, при чему бира модул за аутоматско управљање и завршава их 08.10.2014. године са просечном оценом 9,40 (девет и 40/100). Мастер рад из предмета Рачунарско управљање, насловљен „Рачунарско аутоматско управљање транслаторног обрнутог клатна“ одбранио је са максималном оценом 10. Похвале Машинског факултета, за изванредан успех током студија добио је сваке године у периоду од 2010-2014 године. Као одличан студент био је стипендиста општине Ивањица и Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

У току 2013. године похађао је курс компаније Siemens под називом TIA-MICRO1. Овај курс се заснива на најновијим програмабилним логичким контролерима S7-1200 серије и најновијој верзији софтвера за програмирање SIMATIC контролера – Step 7 Professional/TIA PORTAL. По завршетку курса стекао је званични Siemens SITRAIN сертификат о завршеној обуци.

Школске 2014/2015. године уписује Докторске академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду (број индекса Д2/2014) са оријентацијом на даље усавршавање у области аутоматског управљања, а првенствено у области рачунарског управљања, дигиталних система и интелигентних система управљања. Тренутно је студент треће године докторских академских студија. Положио је све испите са просечном оценом 9,93 (девет и 93/100). Био је члан Групе 1 која је за урађен семинарски рад 2016. год., из предмета Одабрана поглавља из механике, била похваљена, при чему је предметни наставник др Драгомир Зековић дао приказ и мишљење споменутог рада.

Познаје програмске језике и пакете C, MATLAB, Simulink, Wolfram Mathematica, AutoCad, Solid Works, MS Office, TIA Portal, Latex, CorelDRAW. Активно се служи (говори, чита, пише) енглеским језиком.

1.2 Стечено научноистраживачко искуство

1.2.1 Преглед положених испита

Кандидат Владимир Р. Зарић је уписао Докторске академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2014/2015. године. Положио је све испите предвиђене Програмом усавршавања са просечном оценом 9,93. Приказ свих положених испита дат је у наредној табели.

Бр.	Назив предмета	Предметни наставник	Семестар /ЕСПБ	Оцена
1.	Виши курс математике	проф. др Слободан Радојевић	1/5	9 (девет)
2.	Нумеричке методе	проф. др Миодраг Спалевић	1/5	10 (десет)
3.	ОМНИРи комуникација	проф. др Милош Недељковић	1/5	10 (десет)
4.	Виши курс дигиталних САУ	проф. др Зоран Бучевац	1/5	10 (десет)
5.	Истраживање и публикавање 1	проф. др Драгутин Дебељковић	1/10	10 (десет)
6.	Одабрана поглавља из механике	проф. др Драгомир Зековић	2/5	10 (десет)
7.	Системи са кашњењем	проф. др Драгутин Дебељковић	2/5	10 (десет)

8.	Истраживање и публикавање 2	проф. др Драгутин Дебељковић	2/15	10 (десет)
9.	Напредни курс из фази система управљања	проф. др Радиша Јовановић	2/5	10 (десет)
10.	Истраживање и публикавање 3	проф. др Драгутин Дебељковић	3/20	10 (десет)
11.	Нелинеарни дигитални САУ	проф. др Зоран Бучевац	3/5	10 (десет)
12.	Стабилност посебних класа САУ	проф. др Драгутин Дебељковић	3/5	10 (десет)
13.	Истраживање и публикавање 4	проф. др Драгутин Дебељковић	4/8	10 (десет)
14.	Пројекат идеје докторске дисертације	проф. др Радиша Јовановић	4/22	10 (десет)

1.2.2 Учешће у извођењу наставе

Кандидат Владимир Р. Зарић је био ангажован као студент Докторских студија ради извођења вежби на предметима Рачунарско управљање и Дигитални системи од новембра 2014. до априла 2015. године на Катедри за аутоматско управљање Машинског факултета Универзитета у Београду. У априлу 2015. године изабран је у звање асистента на истој Катедри, где је до сада био ангажован на осам предмета:

- на основним академским студијама, на предметима *Основе аутоматског управљања, Дигитални системи и Рачунарски управљачки системи*;
- на мастер академским студијама на предметима *Рачунарско управљање, Нелинеарни системи 1, Нелинеарни системи 2, Фази управљачки системи и Моделовање, идентификација и симулација динамичких система*.

Његово учешће у настави састоји се у припреми и извођењу аудиторних и лабораторијских вежби, одржавању консултација, прегледу домаћих задатака. Такође, Владимир Зарић је редовно обављао сва дежурства на колоквијумима и испитима на којима је био распоређен по задатку Катедре за аутоматско управљање као и Факултета.

Према резултатима анонимне анкете студената, а у складу са правилником о студентском вредновању педагошког рада наставника и сарадника Универзитета у Београду, Владимир Зарић је сваке године на свим предметима оцењен високим оценама. На пример, у јесењем семестру школске 2020/2021. године оцењен је следећим оценама: Дигитални системи (4,73/5), Нелинеарни системи 2 (4,78/5).

Учествовао је у Комисијама за оцену и одбрану 15 мастер радова.

1.2.3 Списак објављених научних радова и других релевантних резултата и активности које опредељују афинитет кандидата за рад на предложеној теми

1.2.3.1 Радови објављени у часописима са SCI листе (категорија M23, три рада)

1. Gruyitch, L., Bučevac, Z., Jovanović, R., **Zarić, V.**, “*Discrete-Time System Conditional Optimisation in the Parameter Space via the Full Transfer Function Matrix*”, Transactions of FAMENA, vol.45, 3, str. 45-62, 2021. [Online]. <https://doi.org/10.21278/TOF.453014220>
2. Jovanović, R., **Zarić, V.**, “*Identification and control of a heat flow system based on the Takagi-Sugeno fuzzy model using the grey wolf optimizer*” Thermal Science, 2021. [Online first issue]. <https://doi.org/10.2298/TSCI210825324J>
3. **Zarić, V.**, Bučevac, Z., Jovanović, R., “*Discrete-time system conditional optimization in the parameter space with nonzero initial conditions*” Technical Gazette, vol.29, No. 1, to be published in 2022. [Online: ISSN 1848-6339]. <https://doi.org/10.17559/TV-20191031145233>

1.2.3.2 Саопштење са међународног скупа штампано у целини (категорија M33, седам радова)

1. **Zarić, V.**, Bučevac, Z., Jovanović, R., *Conditional optimization of computer automatic control system of an selected plant at arbitrary initial conditions*, IX Triennial International Conference Heavy Machinery HM 2017, C.7-C.12, June 28-July 1, 2017, Zlatibor, Serbia.
2. Jovanović, R., **Zarić, V.**, Vesović, M., Laban, L., *Modeling and Control of a Liquid Level System Based on the Takagi-Sugeno Fuzzy Model Using the Whale Optimization Algorithm*, IcETRAN 2020 Conference, September 28-29 2020, Belgrade, Serbia.
3. Vesović, M., Jovanović, R., Laban, L., **Zarić, V.**, *Modeling and Control of a series Direct Current (DC) Machines Using Feedback Linearization Approach*, IcETRAN 2020 Conference, September 28-29 2020, Belgrade, Serbia.
4. Laban, L., Jovanović, R., Vesović, M., **Zarić, V.**, *Classification of Chest X-Ray Images Using Deep Convolutional Neural Networks*, IcETRAN 2020 Conference, September 28-29 2020, Belgrade, Serbia.
5. Laban, L., Jovanović, R., **Zarić, V.**, Vesović, M., *Classification of COVID-CT Images Utilizing Four Types of Deep Convolutional Neural Networks*, Masing 2020 Conference, December 09-10 2020, Niš, Serbia.
6. **Zarić, V.**, Jovanović, R., Laban, L., Vesović, M., *Identification of a Coupled-Tank Plant and Takagi-Sugeno Model Optimization Using a Whale Optimizer*, Masing 2020 Conference, December 09-10 2020, Niš, Serbia.
7. **Zarić, V.**, Perišić, N., Jovanović, R., *Control of a Liquid Level System Based on Classical and Fuzzy PID Like Controller Using The Grey Wolf Optimization Algorithm*, X Triennial

1.2.4 Учесће у научним пројектима

Владимир Зарић је тренутно учесник на пројекту ТР35029 – Развој методологија за повећање радне способности, поузданости и енергетске ефикасности машинских система у енергетици, чији је руководилац проф. др Радивоје Митровић и који је финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

1.3 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада кандидата Владимира Зарића, Комисија је стекла увид у способности и научно-истраживачки рад кандидата и констатује да је:

- Кандидат положио све испите и извршио све обавезе предвиђене наставним планом и програмом Докторских студија, и тако стекао 120 ЕСПБ бодова, чиме је остварио услов да му се одобри израда докторске дисертације;
- Публиковао више радова у научним часописима и научним скуповима из области којој припада предложена тема докторске дисертације.

Биографски подаци, положени испити, научне и стручне активности, исказано интересовање, истраживачки рад и објављени радови, према мишљењу Комисије, квалификују Владимира Зарића за самосталан и успешан научно-истраживачки рад на предложеној теми.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

На будуће понашање и рад динамичког система утиче како његова садашњост тако и његова прошлост. Непрекидан утицај прошлости динамичког система на његово будуће понашање изражен је кроз његове почетне услове. Утицај садашњости динамичког система на његово будуће понашање изражен је кроз дејство улаза. Закључак је да постоје два утицаја на будуће понашање и рад динамичког система, а то су почетни услови и спољашњи улаз. Дефиниција класичне преносне функције показује како се дејство само једног од поменутих утицаја, тј. дејство улаза у систем, преноси током времена на излаз система. Приликом коришћења потпуне (комплетне) преносне функције узимају се у обзир сва дејства на систем у исто време, и дејство почетних услова и дејство спољашњег улаза, и помоћу такве преносне функције показује како се утицај свих тих дејстава преноси кроз систем, током времена, на излаз система. Потпуна преносна функција омогућава да се добију тачни резултати у погледу: скраћивања једнаких нула и полова, добијања карактеристичног полинома, одређивања потпуног одзива система. У оквиру предложене дисертације истраживаће се примена концепта потпуне преносне функције у синтези дискретних управљачких система. У ту сврху користиће се карактеристични полином потпуне преносне

функције, за разлику од класичних метода које се углавном заснивају на карактеристичном полиному (класичне) преносне функције, када је реч о опису и синтези линеарних управљачких система у комплексном, улазно-излазном простору. Разматраће се синтеза класичних управљачких алгоритама ПИД типа, конкретно ПД, ПИ и ПИД алгоритама управљања, са унапред дефинисаним показатељима динамичког понашања, односно прелазног процеса. У поступку синтезе је неопходно најпре одредити област у простору подешљивих параметара управљачког система која обезбеђује унапред дефинисане показатеље - степен пригушења и/или време смирења. Потом, одређују се оптималне вредности параметара за које дефинисани индекс перформансе има минималну вредност.

У другом делу дисертације размотриће се примена фази система у реализацији дискретних управљачких система. У ту сврху користиће се Такаги-Сугено тип фази система за моделовање и управљање чија је основна идеја да се нелинеарна динамика система може моделовати кроз неколико линеарних подсистема. Наиме, Такаги-Сугено нелинеарни модел динамичког система представља нелинеарну интерполацију неколико линеарних математичких модела, и он описује динамику система на целом простору излаза, односно стања. Надаље, применом савремених интелигентних техника оптимизације, претежно метахеуристичких, одредиће се оптималне вредности параметара фази модела система, уз присуство ограничења. Извршиће се синтеза PDC (паралелно дистрибуирано управљање) управљачког система који користи исте функције припадности као и нелинеарни Такаги-Сугено модел објекта, чиме се његова синтеза своди на синтезу неколико линеарних управљачких система у простору излаза. Осим тога, размотриће се и синтеза класичних управљачких алгоритама управљања ПИД типа у контексту примене Такаги-Сугено фази система за моделовање и управљање дискретних система. Коначно, резултати добијени претходно описаним поступцима ће бити искоришћени за синтезу Такаги-Сугено фази система у коме ће линеарни подсистеми представљати оптималне линеарне системе за дату номиналну тачку, добијене условном оптимизацијом заснованој на концепту потпуне преносне функције. Очекује се да добијени систем управљања поседује квалитетније динамичко понашање у смислу изабраног индекса перформансе, користећи предности оба поступка у односу на одговарајуће класичне алгоритме.

Као закључак, циљ предложене дисертације је синтеза управљачких система за две класе динамичких система, линеарне и нелинеарне дискретне системе. Предложени алгоритми управљања за линеарне системе користиће по први пут концепт потпуне преносне функције у поступку условне оптимизације, а у циљу добијања динамичког понашања са унапред дефинисаним показатељима у виду степена пригушења и/или времена смирења. Резултати који се добију за линеарне системе ће се кроз Такаги-Сугено фази системе потом користити за синтезу управљачких система нелинеарних дискретних система, а кроз различите алгоритме оптимизације. Добијени резултати биће најпре верификовани симулацијом на цифарском рачунару, а потом и кроз практичну реализацију, на реалним објектима, као што су мотор једносмерне струје, систем спрегнутих резервоара и струјно-термички процес.

2.1 Релевантна литература

- [1] Grujić, Lj. T., *Possibilities of Linear System Design on the Basis of Conditional Optimization in Parameter Plane II – Linear Sampled-Data Systems with Constant Parameters*, Automatika, 1966, 1(2), 61-71.
- [2] Šiljak, D. D., *Analysis and synthesis of feedback control systems in the parameter plane II – Sampled-Data systems*, IEEE Transaction on Applications and Industry, 1964, 83(75), 458-466.
- [3] Gryazina, E. N., Polyak, B., T., Tremba, A. A., *D - decomposition Technique State-of-the-art*, Automation and Remote Control, 2008, 69(12), 1991-2026.
- [4] Borrelli, F., Baotić, M., Bemporad, A., Morari, M., *Dynamic programming for constrained optimal control of discrete-time linear hybrid systems*, Automatica, 2005, 41 (10), 1709-1721.
- [5] Polyak, B., Tremba, A.A., Khlebnikov, M.M., et al., *Large deviations in linear control systems with nonzero initial conditions*, Automation and Remote Control, 2015, 76, 957-976.
- [6] Tantarisi, R. N., Keel, L. H., Bhattacharyya, S. P., *Stabilization of Discrete-Time Systems by First-Order Controllers*, IEEE Transactions on Automatic Control, 2003, 48(5), 858-861.
- [7] Keel, L. H., Rego, J. I., Bhattacharyya, S. P., *A New Approach to Digital PID Controller Design*, IEEE Transactions on Automatic Control, 2003, 48(4), 687-692.
- [8] Li, Y., Sheng, A., Wang, Y., *Synthesis of PID-type controllers without parametric models: A graphical approach*, Energy Conversion and Management, 2008, 49, 2392-2402.
- [9] Matuš, R., *Calculation of all stabilizing PI and PID controllers*, International Journal of Mathematics and Computers in Simulation, 2011, 5(3), 224-231.
- [10] Zhmud, V., Wolfram, H., Stukach, O.V., et al., *The Parameter Optimization of the PID and PIDD Controller for a Discrete Object*, Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), 2019, 1-6.
- [11] Li, B., Guo, X., Zeng, X., et al., *An optimal pid tuning method for a single-link manipulator based on the control parameterization technique*, Discrete & Continuous Dynamical Systems – S, 2020, 13(6), 1813-1823.
- [12] Prabhat Dev. M., Sidharth, J., Kumar, H., et al., *Various Tuning and Optimization Techniques Employed in PID Controller: A Review*, In: Proceedings of International Conference in Mechanical and Energy Technology, Springer, Singapore, 2020, 797-805.
- [13] Gruyitch, L. T., *Linear Continuous-Time Systems*, CRC Press/Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida 2017.
- [14] Buchevats, Z. M., Gruyitch, L. T., *Linear Discrete-Time Systems*, CRC Press/Taylor & Francis Group Boca Raton, Florida 2017.
- [15] Tanaka, K., Wang, H. O., *Fuzzy control systems Design and analysis*, John Willey & Sons Inc., New York, USA, 2001.
- [16] Vrkalic, S., Teban, T., Borlea, I., *Stable Takagi-Sugeno Fuzzy Control Designed by Optimization*, International journal of artificial intelligence, 2017, 15, 17-29.
- [17] Zhang B, Shin, Y. C., *A Data-Driven Approach of Takagi-Sugeno Fuzzy Control of Unknown Nonlinear Systems*, Applied Sciences, 2021, 11(1), 62

- [18] Nguyen, A. T., Taniguchi, T., Eciolaza, L., et al., *Fuzzy Control Systems: Past, Present and Future*, in IEEE Computational Intelligence Magazine, 2019, 14(1), 56-68.
- [19] Sadeghi, M. S., Safarinejadian, B., Farughian, A., *Parallel distributed compensator design of tank level control based on fuzzy Takagi-Sugeno model*, Applied Soft Computing, 2014, 21, 280-285.
- [20] Xueming, D., Zhenkai, X., Ngaam, C., Xiaohui, L., *Parameter estimation of Takagi-Sugeno fuzzy system using heterogeneous cuckoo search algorithm*, Neurocomputing, 2015, 151, 1332-1342.
- [21] Silva, J., *Fuzzy Logic Control with PSO Tuning*, Fuzzy Systems - Theory and Applications, IntechOpen, 2021.
- [22] Castillo, O., Valdez, F., Soria, J., Yoon, et al., *Optimal Design of Fuzzy Systems Using Differential Evolution and Harmony Search Algorithms with Dynamic Parameter Adaptation*, Applied Sciences, 2020, 10, 6146.

Радови [1,2] представљају неке од фундаменталних, у којима је дат велики допринос развоју метода параметарске стабилизације и условне оптимизације коришћењем класичне преносне функције. Разноврсност метода и истраживања оптимизације и управљања линеарних система заснованих на класичном приступу је велика, неке од тих метода дате су у радовима [3-8]. У раду [3] су дати преглед стања који се тиче параметарске синтезе и резултати везани за домен стабилности у параметарском простору. Решење проблема оптимизације за дискретне линеарне хибридне системе са ограничењима засновано на квадратној или линеарној функцији циља проучавано је у [4], где су дате основне теоријске поставке структуре оптималне повратне спреге по стањима и предложен оптимални закон управљања комбиновањем динамичког програмирања и мултипараметарског приступа. Прелазни процес система при дејству ненултих почетних услова изучаван је у раду [5], где је предложен метод за прецизнију процену прескока и дат поступак одређивања горње границе одступања коришћењем поступка линеарних матричних неједначина (LMI). У области анализе и примене ПИД типа алгоритама управљања постоји велика разноврсност у погледу радова и резултата, неки од примера су радови [6-11], а преглед стања је дат у [12]. Међутим, у тој разноврсности, до сада, концепт потпуне преносне функције, која описује систем у комплексном улазном простору и истовремено узима у обзир дејство и улаза и почетних услова, није разматран у оптимизацији и подешавању параметара ПИД типа закона управљања. Радови [13, 14] представљају најсадржајнију литературу везану за концепт потпуне преносне функције, и за континуалне и за дискретне динамичке системе, и мотивацију за примену тог концепта у задацима условне оптимизације линеарних дискретних система. Истраживања и резултати у примени Такаги- Сугено типа фази система у задацима моделовања и управљања динамичких система дата су у веома важном раду [15], као и у [16, 17]. Прегледни рад [18] даје представу о прошлим, садашњим и будућим трендовима примене ове врсте система. Примена ове врсте система у облику паралелно дистрибуираног управљања, са практичном верификацијом на реалном објекту, дата је у [19]. Метакеуристичке методе оптимизације, као глобални оптимизациони алгоритми, су се показале као веома успешне у решавању комплексних, нелинеарних и мултимодалних проблема подвргнутих линеарним или нелинеарним ограничењима, са континуалним и

дискретним променљивама. У обиљу научних радова који се тичу самих метода али и њихових примена, као увид у постојеће стање и полазна основа за истраживање и примену у оптимизацији параметара фази система издвојени су радови [20-22].

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Истраживачки рад и предложена дисертација заснивају се на следећим полазним хипотезама:

- Потпуна преносна функција веродостојније описује линеарни динамички систем, у поређењу са класичном преносном функцијом, јер у себи садржи информације о свим дејствима на систем, а то су ненулти почетни услови и спољашњи улази.
- Уведеним концептом потпуне преносне функције условна оптимизација линеарних стационарних временски дискретних система се одвија у два корака. У првом кораку се одређује област релативне стабилности, а на основу карактеристичног полинома потпуне преносне функције система. У другом кораку, коначан избор подешљивих параметара управљачког система се врши на основу минималне вредности индекса перформансе у коме фигурише грешка, која истовремено узима у обзир сва деловања на систем: улаз и почетне услове.
- Такаги-Сугено тип фази система може се искористити за моделовање нелинеарних дискретних динамичких система, као и за синтезу нелинеарних управљачких система.
- Метакеуристички оптимизациони алгоритми могу се успешно користити за решавање изразито сложених задатака оптимизације, као што је одређивање оптималних параметара фази система.
- Такаги-Сугено фази систем у коме су линеарни подсистеми добијени условном оптимизацијом на основу концепта потпуне преносне функције и чији су параметри оптимизовани изабраним метакеуристичким алгоритмом, показују квалитетније динамичко понашање у смислу остваривања задатих показатеља, у контексту изабраног индекса перформансе.

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

У оквиру истраживачког рада биће коришћене следеће методе и теорије:

- Методе математичког моделовања динамичких система (временски непрекидни и временски дискретни модели);
- Методе идентификације и естимације параметара динамичких система;
- Методе анализе, синтезе и условне оптимизације линеарних система аутоматског управљања;
- Из теорије нелинеарних система користиће се методе анализе и синтезе Љапуновског типа;
- Из теорије фази система користиће се методе моделовања и управљања динамичких система применом Такаги-Сугено фази система;

- Методе за развој неопходног софтвера у модерним софтверским алатима који омогућава да се изврши симулација рада система на цифарском рачунару, као и физичка реализација алгорита управљања;
- Познавање математичког апарата оличеног у примени теорије диференцијалних и диференцијалних једначина, комплексне анализе, линеарне алгебре и фази логике.

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Очекивани резултати предложених научних истраживања обухватају:

- Нову технику условне оптимизације дискретних линеарних система кроз примену концепта потпуне преносне функције, а која ће се потом искористити за одређивање оптималних параметара различитих закона управљања у односу на новоуведени индекс перформансе у функцији грешке.

Предложена методологија за линеарне дискретне системе искористиће се за управљање нелинеарних дискретних система кроз теорију фази система и управљања, где ће фази систем представљати интерполатор оптимизованих линеарних дискретних система на бази концепта потпуне преносне функције. За одређивање оптималних параметара фази система користиће се метахеуристички оптимизациони алгоритми.

За верификацију наведених резултата (симулација рада система и физичка реализација алгорита управљања) неопходно је развити и одговарајући софтвер у модерним софтверским алатима.

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

План истраживања и структура рада предложене докторске дисертације састојаће се из следећих корака.

- Преглед и анализа постојеће научне литературе из предложене научне области.
- Дефинисање проблема који могу да настану приликом примене класичне преносне функције уместо одговарајуће потпуне преносне функције.
- Идентификација и верификација математичког модела објекта.
- Представљање математичких модела објекта, управљачког система као и целог затвореног система записом у компактном облику.
- Одређивање области релативне стабилности на основу карактеристичног полинома потпуне преносне функције, након чега се врши избор оптималних параметара управљачког система на основу изабраног индекса перформансе.
- Формирање нелинеарног Такаги-Сугено модела објекта чије се функције припадности користе при употреби паралелно расподељеног управљања (PDC).
- Оптимизација параметара Такаги-Сугено фази система применом изабраних метахеуристичких метода.
- Имплементација и верификација предложених алгорита управљања кроз рачунарске симулације у програмском окружењу Matlab/Simulink.
- Експериментална верификација предложених решења и обрада снимљених резултата.
- Закључна разматрања.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Анализом пријаве теме кандидата **Владимира Р. Зарића**, маг. инж. маш., Комисија за оцену подобности и научне заснованости теме закључује да је предложена тема научно утемељена, актуелна и одговарајућа за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све предвиђене услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Машинског факултета, при чему поседује истраживачке способности за рад на докторској дисертацији. Имајући у виду све наведено, Комисија предлаже Већу докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду да се кандидату **Владимиру Р. Зарићу**, маг. инж. маш., студенту Докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, одобри израда докторске дисертације под називом:

„Условна оптимизација дискретних система аутоматског управљања применом потпуне преносне функције“.

Тема припада области техничких наука – машинство, ужој научној области – Аутоматско управљање, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан. За ментора ове докторске дисертације предлаже се **проф. др Радиша Јовановић**, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду.

Београд, 02.03.2022. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Радиша Јовановић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Драган Лазић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Милан Ристановић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Срђан Рибар, ванредни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Драган Пршић, ванредни професор
Универзитет у Крагујевцу,
Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: **Радиша Јовановић**

Звање: **редовни професор**

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

1. Gruyitch, L., Bučevac, Z., **Jovanović, R.**, Zarić, V., *Discrete-Time System Conditional Optimisation in the Parameter Space via the Full Transfer Function Matrix*, Transactions of FAMENA, Vol.45, 3, pp. 45-62, 2021, [Online]. <https://doi.org/10.21278/TOF.453014220> (M23, IF = 0.743, (2020); source KoBSON).
2. **Jovanović, R.**, Zarić, V., *Identification and control of a heat flow system based on the Takagi-Sugeno fuzzy model using the grey wolf optimizer*, Thermal Science, 2021, [Online first issue], <https://doi.org/10.2298/TSCI210825324J> (M23, IF = 1.625 (2020); извор KoBSON).
3. Zarić, V., Bučevac, Z., **Jovanović, R.**, “*Discrete-time system conditional optimization in the parameter space with nonzero initial conditions*”, Technical Gazette, Vol.29, No. 1, to be published in 2022. [Online: ISSN 1848-6339]. <https://doi.org/10.17559/TV-20191031145233> (M23, IF = 0.783, (2020); source KoBSON).
4. Gruyitch, L. T., Bučevac, Z., **Jovanović, Ž. R.**, Ribar, Z., *Structurally Variable Control of Lurie Systems*, International Journal of Control, (ISSN 0020-7179), Vol. 93, No.12, pp. 2960–2972, 2020, <https://doi.org/10.1080/00207179.2019.1569764>, (M22, IF = 2.780, (2019); source KoBSON).
5. **Jovanovic, R.**, Božić, I., *Feedforward neural network and ANFIS-based approaches to forecasting the off-cam energy characteristics of Kaplan turbine*, Neural Computing and Applications, (ISSN 0941-0643), Vol. 30, No. 8, pp. 2569-2579, 2018, <https://doi.org/10.1007/s00521-017-2843-9>, (M21, IF = 4.664, (2018); source KoBSON).
6. Sretenović, A., **Jovanović, Ž. R.**, Novaković, M. V., Nord, M. N., Živković, D. B., *Support vector machine for the prediction of heating energy use*, Thermal Science, (2018), Vol. 22, No.1, pp. 1171-1181, 2018, doi: <https://doi.org/10.2298/TSCI170526126S>, (M22, IF = 1.541, (2018) ; source KoBSON).

7. Gruyitch, L. T, Ribar, Z. Bučevac, Z., **Jovanović, R.**, *Structurally Variable Control of Time-Varying Lurie Systems*, International Journal of Control, (ISSN 0020-7179), Vol.90, No.2, pp. 186–200, 2017, <https://doi.org/10.1080/00207179.2016.1173229>, (M22, IF = 2.101, (2017); извор KoBSON).
8. Bučevac, Z., **Jovanović, R.**, *Discrete-Time Chattering Free Exponentially Stabilizing Sliding Mode Scalar Control via Lyapunov's Method*, International Journal of Control, Automation, and Systems, (ISSN 1598-6446), Vol. 14, No. 3, pp. 698–705, 2016, <https://doi.org/10.1007/s12555-014-0297-8>, (M22, IF = 1.687 (2016); извор KoBSON).
9. Sretenović, A., **Jovanović, R.**, Novaković, V., Nord, N., Živković, B., *Hybrid artificial intelligence model for prediction of heating energy use*, Thermal Science, Vol. 26, No.1 Part B , pp. 705-716, [doi:10.2298/TSCI210303152S](https://doi.org/10.2298/TSCI210303152S), (M23, IF = 1.625 (2020); извор KoBSON).
10. **Jovanović, R.**, Sretenović, A., Živković, B., *Ensemble of various neural networks for prediction of heating energy consumption*, Energy and Buildings, (ISSN 0378-7788), Vol. 94, pp. 189-199, 2015, [doi:10.1016/j.enbuild.2015.02.052](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.052), (M21a, IF = 2.973, (2015); извор KoBSON).

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

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
