

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Машински факултет

Овде

ИЗБОРНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат Комисије о пријављеним кандидатима на конкурс за избор једног наставника у звању доцента на одређено време од 5 година са пуним радним временом за ужу научну област производно машинство

На основу одлуке Изборног већа Универзитета у Београду – Машинског факултета број 81/2 од 18.01.2024. године, а по објављеном конкурс за избор једног доцента на одређено време од 5 година са пуним радним временом за ужу научну област производно машинство, именовани смо за чланове Комисије за подношење реферата о пријављеним кандидатима.

На конкурс који је објављен у листу Послови број 1076 од 24.01.2024. године пријавио се један кандидат и то Душан Недељковић, маг. инж. маш., асистент Универзитета у Београду – Машинског факултета.

На основу прегледа достављене документације и разговора са кандидатом подносимо следећи

РЕФЕРАТ

А. Биографски подаци

Душан Недељковић рођен је . . . године у . Основну школу „Светолик Ранковић“ у Аранђеловцу и Техничку школу „Милета Николић“ у Аранђеловцу, усмерење електротехничар рачунара, завршио је са одличним успехом.

Школске 2011/12. године уписао је Основне академске студије Машинско инжењерство на Универзитету у Београду – Машинском факултету и завршио их је 2014. године са просечном оценом 8,48. Завршни рад на тему: „Пројектовање САД/САМ система за склоп носача задњег шилка“ из предмета САД/САМ системи положио је код проф. др Радована Пузовића. За постигнут успех током 2013/14. школске године похваљен је од стране Машинског факултета поводом Дана Факултета.

Од школске 2014/15. године на Универзитету у Београду – Машинском факултету похађао је Мастер академске студије Машинско инжењерство - модул производно машинство, које је завршио са просечном оценом 9,75. Мастер рад на тему: „Развој интерфејса човек-машина за

одабране производне ресурсе“ радио је из предмета Аутоматизација производње под менторством проф. др Живане Јаковљевић и одбранио га је 15.11.2016. године са оценом 10. Током студија је за постигнут успех два пута је похваљен од стране Машинског факултета поводом Дана Факултета. За време основних и мастер студија био је носилац стипендије Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Школске 2017/2018. године уписао је Докторске академске студије Машинско инжењерство на Универзитету у Београду – Машинском факултету. Докторску дисертацију под насловом: „Детекција кибернетских напада на системе за управљање производним ресурсима“ израдио је под менторством проф. др Живане Јаковљевић и одбранио је 13.12.2023. године.

Од новембра 2016. до јануара 2018. године био је запослен у компанији Сервотех д.о.о. у којој је био ангажован на пословима у следећим областима: машинско и електро пројектовање, комплетан развој и интеграција аутоматизованих производних система. У оквиру ове компаније учествовао је у следећим пројектима:

- Преса за извлачење 1.000 t (Ковачки центар, Ваљево),
- Преса за извлачење 350 t (Ковачки центар, Ваљево),
- Реконструкција машине за ротационо истискивање DV450 (SAKR Factory - Arab Organization for Industrialization, Каиро, Египат).

У јануару 2018. године засновао је радни однос на Универзитету у Београду – Машинском факултету, где је 19.01.2018. први, 20.01.2021. други, а затим 21.01.2024. трећи пут изабран у звање асистента за ужу научну област производно машинство.

Од 14.05.2018. до 03.06.2018. године био је у студијској посети НР Кини у оквиру сарадње остварене између Универзитета у Београду – Машинског факултета и HBIS Group Serbia Iron & Steel d.o.o. Београд.

У периоду од 15.12.2021. до 15.03.2022. године остварио је мобилност на Дјук Универзитету (енгл. *Duke University*) из Дурхама, Сједињене Америчке Државе кроз *Erasmus+ Higher education student and staff mobility between Programme and Partner Countries* (KA107) механизме. Током мобилности био је укључен у активности Лабораторије за кибернетско-физичке системе (енгл. *Cyber-Physical Systems Lab*) чији је руководилац проф. др Мирослав Пајић.

Рад **Nedeljković, D.**, Jakovljević, Ž., 2022. *GAN-based data augmentation in the design of Cyber-attack detection methods*, in *IcETRAN 2022, ROI1.4*, pp. 669-674, (ISBN 978-86-7466-930-3), Novi Pazar, Serbia, 2022, чији је аутор је на међународној конференцији 9th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN 2022) награђен као најбољи рад младог аутора на секцији за роботiku и флексибилну аутоматизацију.

Поседује активно знање енглеског језика и возачку дозволу Б категорије. У свакодневном раду користи значајан број софтвера и програмских језика међу којима се могу издвојити Python, Matlab, C/C++, Creo Parametric, Any Logic, Arena, CorelDRAW, LaTeX, Microsoft Office, CX Programmer.

A.1 Учешће на пројектима

У досадашњем раду учествовао је на три домаћа научно-истраживачка пројекта у оквиру Катедре за производно машинство и то:

- [1] *Deep Machine Learning and Swarm Intelligence-based Optimization Algorithms for Control and Scheduling of Cyber-Physical Systems in Industry 4.0 - MISSION4.0*, пројекат

финансиран од стране Фонда за науку Републике Србије у оквиру Програма за развој пројеката из области вештачке интелигенције, ев. број 6523109, 2020-2022. руководилац пројекта: проф. др Зоран Миљковић.

- [2] *Интегрисана истраживања у области макро, микро и нано машинског инжењерства* - пројекат финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја према уговору о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИО у 2020. години (ев.бр. 451-03-68/2020-14/200105, руководилац пројекта: проф. др. Радивоје Митровић), у 2021. години (ев.бр. 451-03-9/2021-14/200105, руководилац пројекта: проф. др. Радивоје Митровић), у 2022. години (ев.бр. 451-03-68/2022-14/200105, руководилац пројекта: проф. др. Владимир Поповић) и 2023. години (ев.бр. 451-03-47/2023-01/200105, руководилац пројекта: проф. др. Владимир Поповић).
- [3] *Иновативни приступ у примени интелигентних технолошких система за производњу делова од лима заснован на еколошким принципима*, пројекат финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја од 2010-2019. године, ев. број ТР35004, 2018-2019, Руководилац пројекта: проф. др Бојан Бабић.

А.2 Чланства у удружењима, комисијама и радним групама

Душан Недељковић је члан ЈУПИТЕР асоцијације и друштва ЕТРАН. Био је члан Организационих одбора 41, 42. и 43. ЈУПИТЕР конференције.

Од 2019. до 2022. године био је члан Комисије за осигурање квалитета наставе – Поткомисија за реализацију и унапређење лабораторијске и практичне наставе на Универзитету у Београду – Машинском факултету, а од 06.04.2023. је члан Комисије за упис студената на основне академске студије.

Б. Дисертације

Б1.1 Докторска дисертација (М71)

- [1] **Недељковић, Д., Детекција кибернетских напада на системе за управљање производним ресурсима**, Универзитет у Београду - Машински факултет, 13. децембар 2023. године (ментор: проф. др Живана Јаковљевић)

В. Наставна активност

В.1 Педагошко искуство

У периоду од 2018. до 2024. године на Универзитету у Београду – Машинском факултету, као асистент, учествовао је у извођењу вежби из следећих предмета Катедре за производно машинство:

- Аутоматизација производње (МАС Машинско инжењерство), 2018-
- Рачунарски интегрисани системи и технологије (МАС Машинско инжењерство), 2018-
- Компјутерска симулација у аутоматизацији производње (МАС Машинско инжењерство), 2018-
- Програмабилни системи управљања (МАС Машинско инжењерство), 2018-2021.
- Компјутерска графика (ОАС Машинско инжењерство), 2018-
- Технологија машинске обраде (ОАС Машинско инжењерство), 2018-
- САД/САМ системи (ОАС Машинско инжењерство), 2018-2020, 2023-
- Кибернетско физички системи (МАС Индустрија 4.0), 2020-

- Индустијски интернет ствари и сајбер безбедност (МАС Индустија 4.0), 2021-

Активно учествује у развоју вежби и у сарадњи са предметним наставником креирао је и увео у наставу следеће лабораторијске вежбе по предметима:

Кибернетско-физички системи:

1. Основе програмирања микроконтролера: дигитални улази/излази;
2. Програмирање микроконтролера: ADC и DAC;
3. Програмирање микроконтролера: серијски интерфејси;
4. Програмирање микроконтролера: PWM и интерапти;
5. Основе дигиталне обраде сигнала: креирање дигиталних филтара; Програмирање микроконтролера: имплементација FIR филтра;
6. Програмирање НУМА у складу са ISO 6983;

Индустијски интернет ствари и сајбер безбедност:

1. Електро-пнеуматска реализација комбинационог коначног аутомата;
2. Моделирање система управљања коришћењем Петријевих мрежа и њихова анализа;
3. Синтеза секвенцијалног коначног аутомата директне реакције;
4. IEEE 802.15.4 (Креирање дистрибуираног система управљања електропнеуматског система коришћењем мреже бежичних чворова заснованих на микроконтролерима);
5. IEC 61499: Моделирање дистрибуираних система управљања;
6. Етернет (Успостављање комуникације у реалном времену између програмабилног контролера и паметних актуатора коришћењем Етернета, као и између програмабилног контролера и паметних уређаја и MES-а путем OPC-UA);
7. Креирање и имплементација система за детекцију напада у континуално управљаним системима;
8. Креирање и имплементација система за детекцију напада у системима са дискретним догађајима;

Предмети Кибернетско физички системи и Индустијски интернет ствари и сајбер безбедност се реализују у оквиру заједничког мултидисциплинарног Студијског програма мастер академских студија Индустија 4.0 који изводе Универзитет у Београду – Машински факултет и Универзитет у Београду – Математички факултет.

У оквиру Лабораторије за аутоматизацију производње учествовао је у развоју и имплементацији следеће лабораторијске опреме која се користи у настави:

- Чланкасти транспортер,
- Модуларни пнеуматски манипулатор са 3 степена слободе BT-175,
- Модуларни пнеуматски манипулатор са 3 степена слободе RV-50 управљан бежичним чворовима,
- Пнеуматски манипулатор са 2 степена слободе LT-242 управљан помоћу програмабилног контролера,
- Демонстрациони систем за аутоматску монтажу,
- Демонстрациони сто за управљање радом мотора,
- Електропнеуматска серво оса,
- Бежични чворови засновани на ARM Cortex-M3-based NXP LPC1768 микроконтролеру и MRF24J40MA 2.4 GHz IEEE Std. 802.15.4 RF трансиверу,
- Интелигентни пнеуматски цилиндри,
- Систем за извршавање производње Opera MES,
- Систем вештачког гледања Cognex IS2000M-120-40-125.

Школске 2023/24. године је организатор лабораторијских вежби из предмета Технологија машинске обраде.

Кандидат др Душан Недељковић, маг. инж. маш. је у складу са Правилником о извођењу приступног предавања при избору у звање наставника на Машинском факултету Универзитета у Београду 05.03.2024. године у периоду од 13 до 13:45 часова у амфитеатру Цент на Машинском факултету одржао приступно предавање на тему „Савршене нормалне форме логичких функција“. Комисија је о наведеном приступном предавању формирала Записник у оквиру кога је предавање оцењено највишом оценом – 5 (пет).

В2. Оцена педагошког рада у студентским анкетама током протеклог изборног периода

На основу Извештаја Центра за квалитет наставе и акредитацију Машинског факултета у Београду, бр. 1697/2 од 27.10.2023. године, просечна оцена студентског вредновања педагошког рада асистента Душана Недељковића за период од 2018-2023. године је **4,86**. Оцене по предметима за овај период дате су у Табели В3.1.

Табела В3.1 Оцене студентског вредновања педагошког рада по предметима за цео период

Предмет	Просечна оцена
САД/САМ системи (210-0664)	4,66
Аутоматизација производње (220-0785)	4,91
Компјутерска графика (210-0663)	5,00
Рачунарски интегрисани системи и технологије (220-0665)	4,75
Компјутерска симулација у аутоматизацији производње (220-0722)	4,87
Програмабилни системи управљања (220-0904)	5,00
Технологија машинске обраде (210-1360)	4,55
Кибернетско физички системи (230-9007)	5,00
Индустријски интернет ствари и сајбер безбедност (230-9021)	5,00

В3. Резултати у развоју научно-наставног подмлатка

Др Душан Недељковић је био члан комисије за одбрану следећих мастер радова:

- 1) Александра Јовановић, *Микро-монтажа на примеру микропрекидача*, мастер рад (Микро обрада и карактеризација, ментор: проф. др Божица Бојовић). Универзитет у Београду – Машински факултет, 2024.
- 2) Ана Мијачић, *Израда система за управљање производњом у оквиру изабраног производног погона*, мастер рад (Аутоматизација производње, ментор: проф. др Живана Јаковљевић). Универзитет у Београду – Машински факултет, 2023.
- 3) Јована Ћировић, *Анализа модела документованих информација интегрисаног менаџмент система за организацију „Atlantic Grand“*, мастер рад (Менаџмент квалитетом, ментор: проф. др Славенко Стојадиновић). Универзитет у Београду – Машински факултет, 2023.
- 4) Дејан Благојевић, *Пројектовање, израда и тестирање система за основно и надзорно управљање одабраним постројењем*, мастер рад (Индустријски интернет ствари и сајбер безбедност, ментор: проф. др Живана Јаковљевић). Универзитет у Београду – Машински факултет, 2023.
- 5) Лазар Обрадовић, *Интеграција симулације дискретних догађаја са системима за планирање и извршавање производње*, мастер рад (Компјутерска симулација у аутоматизацији производње, ментор: проф. др Живана Јаковљевић). Универзитет у Београду – Машински факултет, 2023.

- 6) Теодора Обрадовић, *Компјутерска симулација и тродимензионална анимација рада флексибилног технолошког система*, мастер рад (Компјутерска симулација у аутоматизацији производње, ментор: проф. др Живана Јаковљевић). Универзитет у Београду – Машински факултет, 2023.
- 7) Тијана Лукић, *Пројектовање и израда електропнеуматског манипулатора за манипулацију делова малих габарита*, мастер рад (Аутоматизација производње, ментор: проф. др Живана Јаковљевић). Универзитет у Београду – Машински факултет, 2023.
- 8) Лана Новаковић, *Инспекција геометријских карактеристика квалитета пнеуматског електро вентила на мерној машини*, мастер рад (Менаџмент квалитетом, ментор: проф. др Славенко Стојадиновић). Универзитет у Београду – Машински факултет, 2022.
- 9) Петар Бојовић, *Разрада технолошког процеса израде и конструкција алата за израду „фиксатора патоснице“*, мастер рад (Нове технологије, ментор: проф. др Михајло Поповић). Универзитет у Београду – Машински факултет, 2022.
- 10) Стефан Богдановић, *Израда софтверске апликације за одређивање дужинских мера на снимцима са дигиталног микроскопа*, мастер рад (Микро обрада и карактеризација, ментор: проф. др Божица Бојовић). Универзитет у Београду – Машински факултет, 2021.

Г. Библиографија научних и стручних радова

Истраживачка област др Душана Недељковића обухвата аутоматизацију производње, дистрибуиране системе управљања, кибернетско физичке системе, сајбер безбедност индустријских система управљања и машинско учење. На основу резултата свог научноистраживачког рада, као аутор или коаутор, објавио је 20 радова пред широм научном и стручном јавношћу, од којих је један рад објављен у врхунском међународном часопису (M21), један рад у националном часопису међународног значаја - FME Transactions (M24), један рад у националном часопису, док је 11 саопштено на међународним, а 6 на скуповима националног значаја. Поред тога, Душан Недељковић је аутор једог техничког решења категорије M85. У наредном тексту објављени радови ће бити наведени по категоријама.

Г1.1 Категорија M20

Г1.1.1. Рад у врхунском међународном часопису (M21)

- [1] **Nedeljkovic, D.**, Jakovljevic, Z., *CNN based method for the development of cyber-attacks detection algorithms in industrial control systems*, Computers & Security, Vol. 114, Article 102585, 2022, ISSN 0167-4048, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2021.102585> (M21, IF(2022): 5.6, 41/158)

Г1.1.2. Рад у националном часопису међународног значаја (M24)

- [2] **Nedeljković, D.**, Jakovljević, Ž., Miljković, Z., *The detection of sensor signal attacks in industrial control systems*, FME Transactions, Vol. 48, No. 1, pp. 7-12, 2020.

Г1.2 Категорија M30

Г1.2.1 Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

- [3] **Nedeljković, D.**, Jakovljević, Ž., *Generation of lightweight models for cyber-attacks detection algorithms using knowledge distillation*, in Proceedings of 39th International Conference on

Production Engineering of Serbia (ICPES 2023), pp. 24-31 (ISBN 978-86-6022-610-7), Novi Sad, Serbia, 2023.

- [4] **Nedeljković, D.**, Jakovljević, Ž., *Deep Learning Prediction Models for the Detection of Cyber-Attacks on Image Sequences*, in International Conference on Robotics in Alpe-Adria Danube Region (RAAD 2023), pp. 62-70, Bled, Slovenia, 2023.
- [5] Jakovljević, Ž., **Nedeljković, D.**, 2023. Cybersecurity issues in motion control—an overview of challenges, in 10th International Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering (IcETRAN 2023), ROI1.5, East Sarajevo, B&H, 2023.
- [6] **Nedeljković, D.**, Jakovljević, Ž., 2022. *Gan-based data augmentation in the design of Cyber-attack detection methods*, in 9th International Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering (IcETRAN 2022), ROI1.4, pp. 669-674, (ISBN 978-86-7466-930-3), Novi Pazar, Serbia, 2022.
- [7] Jakovljević, Ž., **Nedeljković, D.**, *Cyber Physical Systems in Manufacturing Engineers Education*, 11th International Conference on Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering, Scopus indexed book of the Springer Series Mechanisms and Machine Science, with the title Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering – Proceedings of KOD 2021, (eISBN: 978-3-030-88465-9), DOI: 10.1007/978-3-030-88465-9, <https://www.springer.com/gp/book/9783030884642>, 2021.
- [8] **Nedeljković, D.**, Jakovljević, Ž., *Implementation of CNN based algorithm for cyber-attacks detection on a real-world control system*, in 14th International Scientific Conference MMA 2021 – Flexible Technologies, pp. 119-122, (ISBN 978-86-6022-364-9), Novi Sad, Serbia, 2021.
- [9] Jakovljevic, Z., **Nedeljkovic, D.**, *Distribution of Control Tasks to Smart Devices in Industrial Control Systems: a Case Study*, in 8th International Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering (IcETRAN 2021), ROI2.2, pp. 585-590, (ISBN: 978-86-7466-894-8), Bijeljina, B&H, 2021.
- [10] **Nedeljković, D.**, Jakovljević, Ž., *Integration of Smart Vision Sensor into Manipulator Control System using OPC-UA*, in 28th Telecommunications Forum (TELFOR 2020), art. 4734, (ISBN: 978-0-7381-4244-9, eISBN: 978-0-7381-4243-2), Belgrade, Serbia, 2020.
- [11] **Nedeljković, D.**, Jakovljević, Ž., *Cyber-attack detection method based on RNN*, in 7th International Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering (IcETRAN 2020), pp. 726-731, (ISBN: 978-86-7466-852-8), Belgrade, Serbia, 2020.
- [12] **Nedeljković, D.**, Jakovljević, Ž., Miljković, Z., Pajić, M., *Detection of cyber-attacks in electro-pneumatic positioning system with distributed control*, in Proceedings of 27th Telecommunications forum (TELFOR 2019), art. 0525 (ISBN: 978-1-7281-4789-5), Belgrade, Serbia, 2019.
- [13] **Nedeljković, D.**, Kokotović, B., Jakovljević, Ž., *Comparative analysis of Discrete Wavelet Transform and Singular Spectrum Analysis in signal trend identification*, in Proceedings of International Conference on Innovative Technologies (IN-TECH 2019), pp. 48-51 (ISSN 0184-9069), Belgrade, Serbia, 2019.

Г1.3 Категорија М50

1.3.1. Рад у националном часопису (М53)

- [14] **Nedeljković, D. M.**, Jakovljević, Ž. B., Miljković, Z. Đ., Pajić, M., *Detection of cyber-attacks in systems with distributed control based on support vector regression*, Telfor Journal, Vol. 12, No. 2, pp. 104-109, 2020.

Г1.4 Категорија М60

Г1.4.1 Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (М63)

- [15] Јаковљевић, Ж., **Недељковић, Д.**, Сајбер безбедност у континуалним системима управљања – преглед резултата у оквиру пројекта Mission4.0, 43. ЈУПИТЕР конференција, стр. 1.7-1.16, (ИСБН: 978-86-6060-137-9), Београд, Србија, 2022.
- [16] **Недељковић, Д.**, Станојевић, С., Пузовић, Р., Јаковљевић, Ж., *Интеграција производних ресурса у систем за извршавање производње коришћењем OPC-UA*, 13. ЕТИКУМ конференција, стр. 65-68, (ИСБН: 978-86-6022-387-8), Нови Сад, Србија, 2021.
- [17] **Недељковић, Д.**, Јаковљевић, Ж., Миљковић, З., *Класификација слике заснована на примени конволуционих неуронских мрежа*, 42. ЈУПИТЕР конференција, стр. 4.13-4.23, (ИСБН: 978-86-6060-055-6), Београд, Србија, 2020.
- [18] Јаковљевић, Ж., **Недељковић, Д.**, Шеварлић, Ф., Пузовић, Р., *Комуникација између производних ресурса коришћењем OPC-UA стандарда*, 42. ЈУПИТЕР конференција, стр. 4.1-4.12 (ИСБН: 978-86-6060-055-6), Београд, Србија, 2020.
- [19] **Nedeljković, D.**, Petrović, M., Jakovljević, Ž., *Comparison of Particle Swarm and Ant Colony Optimization in wireless sensor network routing*, International Scientific Conference ЕТИКУМ 2018, pp. 33-36 (ISBN: 978-86-6022-123-2), Novi Sad, Serbia, 2018.
- [20] **Недељковић, Д.**, Миловановић, М., Јаковљевић, Ж., *Прототип електропнеуматског система за позиционирање*, 41. ЈУПИТЕР конференција, стр. 4.19-4.24 (ИСБН: 978-86-7083-978-6), Београд, Србија, 2018.

Г1.5. Техничка и развојна решења

Г1.5.1. Нова метода (М85)

- [21] **Недељковић, Д.**, Јаковљевић, Ж., *Алгоритам за детекцију сајбер напада код енергетски ограничених кибернетско физичких система базиран на дубоком машинском учењу* (нова метода реализована у оквиру пројекта Deep Machine Learning and Swarm Intelligence-based Optimization Algorithms for Control and Scheduling of Cyber-Physical Systems in Industry 4.0 - MISSION4.0, ев. број 6523109, 2021. године).

Г1.6. Скупови података

- [22] **Nedeljkovic, D.**, Lesi, V., Jakovljevic, Z., Pajic, M., *New dataset obtained from 2D positioning system with distributed control*, 2022, available at: <https://zenodo.org/records/6399688>, accessed: 10.03.2024.
- [23] **Nedeljkovic, D.**, Jakovljevic, Z., *New datasets obtained from experimental installations with centralized control – v2.0*, 2021, available at: <https://zenodo.org/record/5514351>, accessed: 10.03.2024.

[24] **Nedeljkovic, D.**, Jakovljevic, Z., *New datasets obtained from experimental installations with centralized control – v1.0*, 2021, available at: <https://zenodo.org/record/4556924>, accessed: 10.03.2024.

Д. Приказ и оцена научног рада кандидата

Радови које је кандидат објавио показују да остварени резултати припадају ужој научној области производно машинство и то пре свега аутоматизацији производње. Објављени радови су у домену дистрибуираног управљања реконфигурабилним производним ресурсима и сајбер безбедности у оквиру ових система.

Радови [1-6], [8], [11-12], [14-15] и техничко решење [21] баве се проблемом детекције кибернетских напада на сензорске сигнале у системима са континуалним управљањем и везани су за докторску дисертацију кандидата.

У оквиру рада [1] изложена је оригинална методологија за креирање алгоритама за детекцију кибернетских напада на индустријске системе са континуалним управљањем која је заснована на самонадгледаном дубоком учењу и униваријатној ауторегресији једнодимензионалних временских серија које се размеђују између паметних уређаја у оквиру система управљања. Наведена методологија настала је као резултат интензивних истраживања спроведених током претходног рада кандидата која су обухватала примену конволуционих неуронских мрежа [8] и рекурентних неуронских мрежа [11], а додатно је представљена и у оквиру техничког решења [21].

Проблем недовољне количине података за креирање система за детекцију кибернетских напада заснованих на подацима разматран је у раду [6] у оквиру кога је предложена оригинална метода за проширивање података заснована на генеративним супарничким мрежама. Рад [3] представља наставак истраживања у овој области и бави се проблемом редукације модела развијених методом предложеном у [1]. Наиме, у овом раду описана је метода за добијање модела мале прорачунске комплексности који се могу употребити за детекцију кибернетских напада на енергетски и прорачунски ограниченим ресурсима у оквиру система управљања, попут микроконтролера. Метода је заснована на дестилацији знања и смањује број параметара развијених модела, а самим тим и прорачунску захтевност и преко 20 пута. Даља истраживања била су усмерена и на развој методологије за детекцију кибернетских напада на секвенце слика, а њихови резултати су приказани у [4].

У раду [20] описан је електропнеуматски систем за позиционирање који је послужио као експериментална инсталација за прикупљање података и тестирање у реалном окружењу метода које се односе на детекцију напада на једнодимензионале временске серије које се размеђују између паметних уређаја у свим радовима кандидата који се односе на ову област. С друге стране, експериментална инсталација коришћена током развоја методологије за детекцију кибернетских напада на секвенце слика описана је у раду [17] у коме је извршена и компаративна анализа класичног машинског и дубоког учења са аспекта њихових перформанси у препознавању објеката неповољних оптичких својстава коришћењем визуелног сензора.

У оквиру рада [2] изложен је један оригиналан приступ детекцији кибернетских напада на системе са континуалним управљањем заснован на машинама са носећим векторима. Овај приступ је даље развијен и имплементиран у реалном времену, а резултати његове експерименталне провере на инсталацији која је описана у оквиру рада [20] презентовани су у радовима [12] и [14].

Резултати истраживања кандидата у области сајбер безбедности система са континуалним управљањем до прве половине 2022. године сумирани су у [15]. Као један од даљих праваца

истраживања у области сајбер безбедности индустријских система управљања идентификовани су и системи за управљање кретањем у оквиру производних ресурса. Преглед безбедносних изазова у овој области, као основа за даља истраживања, извршен је у раду [5]. Поред тога, проблем сајбер безбедности у системима управљања са дискретним догађајима разматран је у [9].

Радам [13] обухваћена су истраживања која је кандидат извршио у области обраде нестационарних сигнала. У овом раду извршена је компаративна анализа дискретне вејвлет трансформације и анализе сингуларног спектра у идентификацији тренда сигнала.

У оквиру рада [19] кандидат се бави проблемом рутирања у мулти-хоп бежичним сензорским мрежама које су од посебног значаја за дистрибуиране системе управљања. Овај рад анализира могућности примене биолошки инспирисаних алгоритама оптимизације и то оптимизације ројем честица и колонијом мраву у решавању наведеног проблема.

Радови [10], [16] и [18] баве се проблемом интероперабилности уређаја на које су дистрибуирани задаци управљања у оквиру реконфигурабилних технолошких система. У радовима се анализира улога стандарда OPC-UA (енгл. *Open Platform Communication – Unified Architecture*) у решавању овог проблема и указује се на могућности његове примене за комуникацију ресурса интер и интра слојева пирамиде аутоматизације.

Изазови које имплементација кибернетско физичких система и на њима засноване парадигме производње познате под називом Идустрија 4.0 поставља пред високошколске установе које се баве образовањем производних инжењера анализирани су у [7]. На основу извршене анализе идентификоване су теме које је неопходно уврстити у курикулуме предмета у оквиру студијских програма како би будући производни инжењери развили компетенције неопходне за имплементацију кибернетско физичких система у својим радним окружењима.

Радови др Душана Недељковића су цитирани **42** пута (извор Scopus, датум приступа 09.03.2024. године) **h-index** = **3**, од чега је **36** хетероцитата. Најцитиранији рад са 28 хетероцитата је рад наведен под [1] са следећим одабраним хетероцитатима:

- [1] Bahadoripoura, S., Karimipoura, H., Jahromia, A.N., Islama, A., *An explainable multi-modal model for advanced cyber-attack detection in industrial control systems*, Internet of Things, Vol. 25, Article 101092, 2024, ISSN 2542-6605, DOI: 10.1016/j.iot.2024.101092
- [2] Wu, Y., Hu, Y., Wang, J., Feng, M., Dong, A., Yang, Y., *An active learning framework using deep Q-network for zero-day attack detection*, Computers & Security, Vol. 139, Article 103713, 2024, ISSN 0167-4048, DOI: 10.1016/j.cose.2024.103713
- [3] Ahmed, Y., Azad, M.A., Asyhari, T., *Rapid Forecasting of Cyber Events Using Machine Learning-Enabled Features*, Information, Vol. 15, No. 1, Article 36, 2024, ISSN 20782489, DOI: 10.3390/info15010036
- [4] Gonen, S., *A Novel Approach for RPL Based One and Multi-attacker Flood Attack Analysis*, Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 459-468, 2024, ISSN 21954356, DOI: 10.1007/978-981-99-6062-0_42
- [5] Solat, A., Gharehpetian, G.B., Naderi, M.S., Anvari-Moghaddam, A., *On the control of microgrids against cyber-attacks: A review of methods and applications*, Applied Energy, Vol. 353, Article 122037, 2024, ISSN 03062619, DOI: 10.1016/j.apenergy.2023.122037

- [6] Bozdal, M., Perić, K., Ozkahraman, A., *Comparative analysis of dimensionality reduction techniques for cybersecurity in the SWaT dataset*, Journal of Supercomputing, Vol. 80, No. 1, pp. 1059-1079, 2024, ISSN 09208542, DOI: 10.1007/s11227-023-05511-w
- [7] Zhang, J., Yuan, Y., Zhang, J., Yang, Y., Xie, W., *Anomaly detection method based on penalty least squares algorithm and time window entropy for Cyber-Physical Systems*, Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences, Vol. 35, No. 10, Article 101860, 2023, ISSN 13191578, DOI: 10.1016/j.jksuci.2023.101860
- [8] Canonico, R., Sperli, G., *Industrial cyber-physical systems protection: A methodological review*, Computers & Security, Vol. 135, Article 103531, 2023, ISSN 01674048, DOI: 10.1016/j.cose.2023.103531
- [9] Udayakumar, R., Joshi, A., Boomiga, S.S., Sugumar, R., *Deep Fraud Net: A Deep Learning Approach for Cyber Security and Financial Fraud Detection and Classification*, Journal of Internet Services and Information Security, Vol. 13, No. 4, pp. 138-157, 2023, ISSN 21822069, DOI: 10.58346/JISIS.2023.I4.010
- [10] Cai, Z., Du, H., Wang, H., Zhang, J., Si, Y., Li, P., *One-Dimensional Convolutional Wasserstein Generative Adversarial Network Based Intrusion Detection Method for Industrial Control Systems*, Electronics, Vol. 12, No. 22, Article 4653, 2023, ISSN 20799292, DOI: 10.3390/electronics12224653

Ћ. Оцена испуњености услова

На основу увида у конкурсни материјал и претходно наведеног у Извештају, Комисија сагласно Закону о високом образовању Републике Србије, Правилнику о начину и поступку стицања звања и заснивања радног односа наставника и сарадника на Универзитету у Београду – Машинском факултету и Статуту Универзитета у Београду – Машинског факултета констатује да кандидат Душан М. Недељковић, маг. инж. маш, асистент Универзитета у Београду – Машинског факултета, испуњава све критеријуме за избор у звање доцента:

- (1) Поседује научни назив доктора наука – машинско инжењерство из уже научне области производно машинство који је стечен на акредитованом студијском програму на Универзитету у Београду – Машинском факултету
- (2) Завршио је студије на Универзитету у Београду – Машинском факултету са високом просечном оценом (основне академске студије – 8,48 и мастер академске студије – 9,75);
- (3) Има шестогодишње искуство у педагошком раду са студентима и изражену способност за наставни рад која је одлично оцењена од стране студената (просечна оцена спроведних анкета током школске 2018/19 – 2022/23. године је 4,86);
- (4) Одржао је приступно предавање на тему: „Савршене нормалне форме логичких функција“ која припада ужој научној области производно машинство и наставним програмима предмета Аутоматизација производње (Мастер академске студије – Машинско инжењерство, модул производно машинство) и Кибернетско физички системи (Мастер академске студије – Индустрија 4.0). Приступно предавање је у складу са Правилником о извођењу приступног предавања при избору у звање наставника на Машинском факултету Универзитета у Београду од стране Комисије за оцену приступног предавања оцењено највишом оценом 5 (пет).

- (5) Као први аутор има објављен један рад у врхунском међународном часопису категорије M21 (рад наведен под [1] у одељку Г) и један један рад у националном часопису међународног значаја - FME Transactions (категирија M24);
- (6) Као аутор или коаутор објавио је 17 научних радова који су саопштени на научним скуповима и то 11 радова саопштених на скуповима међународног значаја штампаних у целини (M33) и 6 радова саопштених на скуповима националног значаја штампаних у целини (M63);
- (7) Био је члан организационих одбора 41, 42. и 43. ЈУПИТЕР конференције;
- (8) Био је члан комисије за оцену 10 мастер радова;
- (9) Учествовао је у три завршена научноистраживачка пројекта;
- (10) Аутор је техничког решења категорије M85 (наведено под [21] у одељку Г);
- (11) Члан је Комисије за упис студената на основне академске студије на Универзитету у Београду – Машинском факултету, а у периоду 2019-2022. био је члан Комисије за осигурање квалитета наставе – Поткомисија за реализацију и унапређење лабораторијске и практичне наставе на Машинском факултету;
- (12) Има бројне награде за изванредне успехе током претходних студија као и награду за најбољи рад младог аутора на IcETRAN 2022 конференцији;
- (13) Учествовао је у пројекту *Deep Machine Learning and Swarm Intelligence-based Optimization Algorithms for Control and Scheduling of Cyber-Physical Systems in Industry 4.0 - MISSION4.0*, пројекат финансиран од стране Фонда за науку Републике Србије у оквиру Програма за развој пројеката из области вештачке интелигенције, ев. број 6523109, 2020-2022. руководилац пројекта: проф. др Зоран Миљковић који је заједнички реализован са Универзитетом у Београду – Филозофским факултетом;
- (14) У периоду од 15.12.2021. до 15.03.2022. године учествовао је у програму размене наставника и студената током кога је остварио мобилност на Дјук Универзитету (енгл. *Duke University*) из Дурхама, Сједињене Америчке Државе кроз *Erasmus+ Higher education student and staff mobility between Programme and Partner Countries* (KA107) механизме. Током мобилности био је укључен у активности Лабораторије за кибернетско-физичке системе (енгл. *Cyber-Physical Systems Lab*);
- (15) Учествује у извођењу вежби на предметима Кибернетско физички системи (230-9007) и Индустријски интернет ствари и сајбер безбедност (230-9021) у оквиру Мастер академских студија – Индустрија 4.0 које Универзитет у Београду – Машински факултет заједнички изводи са Универзитетом у Београду – Математичким факултетом.

На основу саопштених резултата истраживања у научним и стручним часописима и конференцијама, истраживања спроведених у оквиру научноистраживачких пројеката, као и резултата остварених у домену педагошких активности констатује се да професионалне компетенције др Душана Недељковића у потпуности припадају ужој научној области производно машинство за коју је расписан предметни конкурс.

Е. Закључак и предлог

На основу прегледа и анализе достављених материјала, Комисија за подношење реферата констатује да кандидат др Душан Недељковић, маст. инж. маш, асистент Универзитета у Београду – Машинског факултета, у потпуности испуњава све критеријуме за избор у звање доцента на Универзитету у Београду – Машинском факултету који су прописани Законом о

високом образовању Републике Србије, Правилником о начину и поступку стицања звања и заснивања радног односа наставника Универзитета у Београду, Правилником о минималним условима за стицање звања наставника на Универзитету у Београду, Правилником о начину и поступку стицања звања и заснивања радног односа наставника и сарадника на Универзитету у Београду – Машинском факултету, Правилником о минималним условима за стицање звања наставника и сарадника на Универзитету у Београду - Машинском факултету и Статутом Универзитета у Београду – Машинског факултета.

На основу изложеног, Комисија са задовољством предлаже Изборном већу Универзитета у Београду – Машинског факултета и Већу научне области техничких наука Универзитета у Београду да кандидат **др Душан Недељковић, маг. инж. маш.** буде изабран у звање **доцента** са пуним радним временом на одређено време од 5 (пет) година на **Катедри за производно машинство Универзитета у Београду – Машинског факултета**, за ужу научну област **производно машинство**.

Место и датум: Београд, 20.03.2024.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Живана Јаковљевић, редовни професор,
Универзитет у Београду - Машински факултет

Др Зоран Миљковић, редовни професор,
Универзитет у Београду - Машински факултет

Др Радован Пузовић, редовни професор,
Универзитет у Београду - Машински факултет

Др Саша Живановић, редовни професор,
Универзитет у Београду - Машински факултет

Др Ђорђе Вукелић, редовни професор,
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука