

Број 1312/3
28-10-2022

Наставно-научном већу Електротехничког факултета

БЕОГРАД

Предмет: Извештај Комисије Наставно-научног већа Електротехничког факултета за оцену испуњености услова за избор у звање НАУЧНИ САРАДНИК кандидата др Бранка Лукића.

На основу одлуке број 1312/2, Наставно-научног већа Електротехничког факултета од 21. октобра 2022. године, именовани смо за чланове Комисије за спровођење поступка за избор у научно звање НАУЧНИ САРАДНИК кандидата др Бранка Лукића.

Комисија у саставу:

- 1) др Коста Јовановић, ванредни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду
- 2) др Томислав Б. Шекара, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду,
- 3) др. Мирко Раковић, ванредни професор, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду.

је сагледала све релевантне чињенице о кандидату и на основу тога подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. БИОГРАФИЈА

Др Бранко Лукић рођен је 30.03.1990. године у Лозници. Основну школу је завршио у Лешници, а средњу Техничку школу у Лозници као ученик генерације. Електротехнички факултет у Београду уписао је 2008 године. Дипломирао је на Одсеку за сигнале и системе 2012. године. Исте године уписао је мастер студије на Електротехничком факултету у Београду. Мастер студије је завршио 2013. године на тему „Развој експерименталне платформе за испитивање утицаја попустљивости у зглобовима на понашање робота”. Докторске студије на Електротехничком факултету у Београду на Модулу управљање системима и обрада сигнала уписао је 2013. године, а докторску тезу „Симултано управљање позицијом и крутошћу робота погоњеног актуаторима променљиве крутости” одбранио је 16.09.2022. године.

Од априла 2014. до децембра 2016. године ангажован је на Електротехничком факултету у Београду на пројекту министарства као стипендиста Министарства, а од јануара 2017. године ангажован је као истраживач приправник на пројекту Министарства „Истраживање и развој амбијентално интелигентних сервисних робота антропоморфних карактеристика”. Учесник је српско–словеначког билатералног пројекта „Развијање нових приступа за олакшавање колаборативног рада робота најновије генерације и човека у задацима заједничке манипулације објектима”, између Електротехничког факултета у Београду и Института Јожеф Стефан у Љубљани у периоду 2018.–2019. година. У периоду јул 2020.–јул 2022. године учесник је на научноистраживачком пројекту *Mechanical Impedance Estimation and Planning for the Next Generation Robots–ForNextCobot*, у оквиру Програма за извршне пројекте младих истраживача–ПРОМИС Фонда за науку Републике Србије.

У августу 2016. године учествовао је на летњој школи роботике “IS3 HRC 2016: Italian-Serbian Summer School On Human-Robot Coworking - Master Classes on Human-

Robot Coworking and Advanced Robotic Grasping”, одржане на Машинском факултету у Београду. У периоду новембар–децембар 2018. године као и у периоду септембар – новембар 2019. године, провео је студијски истраживачки боравак на институту Јожеф Стефан у Љубљани у Лабораторији за колаборативну роботiku (CoBoTaT Laboratory). У јануару 2019. године похађао је курс „*Sliding Mode Control and Observation*”, одржан на Centrale Supélec у Паризу, у организацији European Embedded Control Institute.

У 2014., 2015. и 2016. години, добитник је Стипендије Министарства просвете, науке и технолошког развоја намењене студентима докторских студија, као и Градске награде града Лознице за најбоље студенте. Један од коаутора је на три рада који су проглашени за најбољи рад на конференцији IcETRAN у сесији за роботiku и флексибилну аутоматизацију 2016., 2019. и 2022. године, као и аутор рада који је проглашен за најбољи рад у студентској категорији на International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD 2019), у Кајзерслаутерну у Немачкој.

2. НАУЧНО ИСТРАЖИВАЧКИ РЕЗУЛТАТИ

2.1. Квантитативни преглед остварених резултата у области техничко технолошких наука

Од значаја за избор у звање научни сарадник и према важећој категоризацији Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, др Бранко Лукић је у протеклом периоду остварио резултате сумарно представљене и бодоване по врстама резултата:

Табела 1. Сумирани резултати у складу са важећом категоризацијом

Категорија	М-бодова по публикацији	Број публикација	Укупно М-бодова
M22	5	1	5
M24	3	1	3
M33	1	12	12
M34	0,5	1	0,5
M52	1,5	1	1,5
M63	0,5	1	0,5
M70	6	1	6

Табела 2. Поређење оствареног броја М-бодова са минималним условима потребним за избор у звање научног сарадника

	Потребно	Остварено
Укупно	16	28,5
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M51+M80+M90+M100	9	20
M21+M22+M23	5	5

M22 - Рад у истакнутом међународном часопису (1 рад)

[1] **Lukić B.**, Jovanović K. and Šekara T.B. (2019) Cascade Control of Antagonistic VSA—An Engineering Control Approach to a Bioinspired Robot Actuator. *Front. Neurobot.* 13:69. DOI: 10.3389/fnbot.2019.00069. **IF = 3**

M24 - Рад у националном часопису међународног значаја (1 рад)

[2] Jovanović K., **Lukić B.**, and Potkonjak V. Feedback Linearization for Decoupled Position/Stiffness Control of Bidirectional Antagonistic Drives. *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics* Vol. 31, No 1, (March 2018): 51-61. DOI 10.2298/FUEE1801051J

M33 - Саопштење са међународног скупа штампано у целини (12 радова)

[3] Petrovic, M., Vukicevic, A.M., **Lukić B.**, Jovanovic, K. (2022). Assessment of the Human-Robot Collaborative Polishing Task by Using EMG Sensors and 3D Pose Estimation. In: Müller, A., Brandstötter, M. (eds) *Advances in Service and Industrial Robotics. RAAD 2022. Mechanisms and Machine Science*, vol 120. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-031-04870-8_66

[4] **Lukić B.**, Jovanović, K., Knežević, N., Žlajpah, L., Petrič, T. (2020). Maximizing the End-Effector Cartesian Stiffness Range for Kinematic Redundant Robot with Compliance. In: Zegloul, S., Laribi, M., Sandoval Arevalo, J. (eds) *Advances in Service and Industrial Robotics. RAAD 2020. Mechanisms and Machine Science*, vol 84. Springer, Cham. DOI 10.1007/978-3-030-48989-2_23

[5] **Lukić B.**, Petrič T., Žlajpah L., Jovanović K. (2020) KUKA LWR Robot Cartesian Stiffness Control Based on Kinematic Redundancy. In: Berns K., Görge D. (eds) *Advances in Service and Industrial Robotics. RAAD 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 980. Springer, Cham DOI: 10.1007/978-3-030-19648-6_36

[6] Knežević N., **Lukić B.**, Jovanović K. (2020) Feedforward Control Approaches to Bidirectional Antagonistic Actuators Based on Learning. In: Berns K., Görge D. (eds) *Advances in Service and Industrial Robotics. RAAD 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 980. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-19648-6_39

[7] **Lukić B.**, Jovanović K., Šekara T. B and Potkonjak V., "Cascade Control Design for Antagonistic Robot Joint Based on ARX Model Characterization." *The 5th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN 2018)*, Palić, Serbia, June 11 – 14, 2018.

[8] **Lukić B.**, Jovanović K., Šekara T.B. (2019) Cascade Gain Scheduling Control of Antagonistic Actuators Based on System Identification. In: Aspragathos N., Koustoumpardis P., Moulianitis V. (eds) *Advances in Service and Industrial Robotics. RAAD 2018. Mechanisms and Machine Science*, vol 67. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-00232-9_45

[9] **Lukić B. Z.**, Jovanović K. M. and Kvašček G. S., "Feedforward neural network for controlling qbmove maker pro variable stiffness actuator," *2016 13th Symposium on Neural Networks and Applications (NEUREL)*, Belgrade, 2016, pp. 1-4. DOI: 10.1109/NEUREL.2016.7800116

[10] **Lukić B.**, Jovanović K. (2017) Minimal Energy Cartesian Impedance Control of Robot with Bidirectional Antagonistic Drives. In: Rodić A., Borangiu T. (eds) *Advances in Robot Design and Intelligent Control. RAAD 2016. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 540. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-49058-8_7

[11] **Lukić B.**, Jovanović K., Rakić A., “Realization and Comparative Analysis of Coupled and Decoupled Control Methods for Bidirectional Antagonistic Drives: QBmove maker pro”, The 3rd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETTRAN 2016), Zlatibor, Serbia, Jun 13-16, 2016.

[12] Jovanović K., **Lukić B.** and Potkonjak V., “Enhanced Puller-Follower Approach for Stiffness Control of Antagonistic Drives”, The 3rd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETTRAN 2016), Zlatibor, Serbia, Jun 13-16, 2016.

[13] **Lukić B.**, Jovanović K., “Influence of Mechanical Characteristics of a Compliant Robot on Cartesian Impedance Control Design”, The 2nd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETTRAN 2015), Srebrno Jezero, Serbia, Jun 8-11, 2015.

[14] Potkonjak V., **Lukić B.**, Gordić Z., Milosavljević P., “Development of Experimental Platform for Research in Robots Having Compliant Joints”, The 1st International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETTRAN 2014), Vrnjačka Banja, June 2014.

M34 - Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (1 рад)

[15] Knežević N., **Lukić B.**, Jovanović K., Petrić T. and Žlajpah L., “End-Effector Cartesian Stiffness Optimization: Sequential Quadratic Programming Approach”, The 6th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETTRAN 2019), Srebrno Jezero, Serbia, Jun 3-5, 2019.

M52 - Рад у истакнутом националном часопису (1 рад)

[16] Knežević, N., **Lukić, B.**, Jovanović, K., Žlajpah, L., & Petrić, T. (2021). End-effector Cartesian stiffness shaping-sequential least squares programming approach. *Serbian Journal of Electrical Engineering*, 18(1), 1-14. DOI 10.2298/SJEE2101001K

M63 - Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (1 рад)

[17] **Lukić B.**, Knežević N. i Jovanović K. “Upravljanje pasivnom krutošću završnog uređaja robota oblikovanjem elipsoida krutosti”, ZBORNIK RADOVA, LXVI KONFERENCIJA ETTRAN, Novi Pazar, Jun 2022.

M70 - Одбрањена докторска дисертација (1 рад)

[18] **Бранко Лукић**, „Симултано управљање позицијом и крутошћу робота погоњеног актуаторима променљиве крутости“, Универзитет у Београду-Електротехнички факултет, септембар 2022.

2.2. Кратка анализа досадашњих најзначајнијих научних активности

Резултати истраживачких активности др Бранка Лукића имају за циљ да допринесу следећој генерацији колаборативних робота који ће се заснивати на новој технологији актуације (актуатори променљиве крутости VSA – *Variable Stiffness Actuators*) кроз планирање механичке импедансе завршног уређаја робота. Код VSA актуатора позиција зглоба робота и позиција актуатора нису круто повезане и постоји еластични пренос који у случају интеракције робота са околином апсорбује удар и на тај начин спречава да дође до оштећења робота, предмета у његовој околини и чини робота безбеднијим за рад у непосредном окружењу човека. У исто време такви погони се, посебно у репетитивним задацима за које се роботи углавном и користе, могу експлоатисати на начин да буду

енергетски ефикаснији и супериорнији у односу на данас широко коришћене круте актуаторе у роботизици.

Доприноси представљени у изабраним радовима могу се поделити у две групе:

- 1) На нивоу завршног уређаја робота:
 - a) Развој нових техника управљања матрицом крутости завршног уређаја робота реконфигурацијом редувантне кинематичке структуре робота и/или подешавањем крутости појединих зглобова робота уз очување жељене статичке позиције завршног уређаја [4], [5], [13], [15], [16], [17].
 - b) Развој нових техника управљања крутости завршног уређаја дуж осе кретања завршног уређаја робота [4], [5], [15], [16], [17].
 - c) Увођење нових формулација обликовања крутости завршног уређаја робота у Декартовом координатном систему као проблема оптимизације нелинеарних функција са ограничењем кроз итеративну процедуру [5], [15], [16].
- 2) На нивоу зглоба робота/VSA:
 - a) Реализација управљачких приступа за једну класу актуатора са променљивом крутошћу уз могућност симултаног управљања крутошћу и позицијом [1], [2], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12].
 - b) Развој хардверске платформе зглоба са променљивом крутошћу [1], [14].

3. КВАЛИТАТИВНА ОЦЕНА НАУЧНО-ИСТРАЖИВАЧКИХ РЕЗУЛТАТА

3.1. Значај научних резултата

Кандидат се у досадашњем раду бавио моделирањем и управљањем позицијом и крутошћу актуатора са променљивом крутошћу, моделирањем и управљањем позицијом и крутошћу завршног уређаја робота погоњеног актуаторима променљиве крутости. Актуатори променљиве крутости су доступни у новијим генерацијама робота, које одликује могућност безбедне интеракције са човеком и околином. Услед присуства нелинеарних и флексибилних елемената у структури ових робота, отворена су бројна питања.

Кандидат је дао допринос који се може поделити у два правца истраживања:

- у развоју и симултаном управљању позицијом и крутошћу жичано погоњеног актуатора са променљивом крутости, где је предложена и имплементирана каскадна управљачка структура. Управљачка структура је пројектована да има робусне контролере који су подешени на основу експерименталне идентификације параметара актуатора.
- Обликовање крутости завршног уређаја робота у Декартовом координатном систему експлоатацијом кинематске редувансе у нултом простору. Услед ограниченог степена редувансе, обликовање је извршено дајући већи приоритет појединим елементима матрице крутости који су од већег значаја за извршење задатка. Пројектовано је управљање засновано на инверзној кинематици које користи нулти простор тако да се управљање и позицијом и крутошћу завршног уређаја реализује у различитим координатним системима.

Оба праваца истраживања дају доприносу ка безбеднијој физичкој интеракцији између човека и робота, као и робота са његовом околином.

3.2. Параметри квалитета часописа

Кандидат др Бранко Лукић је објавио укупно 1 рад у међународном часопису *Frontiers in Neurorobotics* (M22, импакт фактор: 3, листа: Robotics, позиција: 14/28) и два домаћа часописа и то *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics* (M24) и *Serbian Journal of Electrical Engineering* (M52).

3.3. Подаци о цитираности и утицају научних радова:

У тренутку писања овог документа радови Бранка Лукића цитирани су укупно 46 пута по индексној бази *Google Scholar*, односно 17 пут (10 пута без аутоцитата) по индексној бази *Scopus*.

3.4. Међународна сарадња

Бранко Лукић је у оквиру билатералног пројекта између Србије и Словеније остварио сарадњу са Институтом Јожеф Стефан у Љубљани. У оквиру билатералног пројекта остварена је сарадња са више истраживача где се издваја сарадња са:

1. **др Тадеј Петрич**, Лабораторија за колаборативну роботiku (CoVoTaT), Институт Јожеф Стефан, Љубљана, Словенија. Био је руководилац билатералног пројекта са словеначке стране у оквиру ког је Бранко Лукић провео укупно четири месеца (2 пута по два месеца) у CoVoTaT лабораторији радећи експериментални део дисертације. Члан Комисије за одбрану докторске дисертације Бранка Лукића и коаутор неколико заједничких радова.
2. **др Леон Жлајпах**, Одсек за аутоматiku, биокибернетику и роботiku Институт Јожеф Стефан, Љубљана, Словенија. Сарадња се огледала у спровођењу експеримената и симулација у оквиру билатералног пројекта. Сарадња је резултовала са неколико заједничких радова.

3.5. Нормирање броја коауторских радова

Имајући у виду да сваки рад има 5 или мање коаутора, сваки рад се рачуна са пуном тежином.

3.6. Активност у научним и научно-стручним друштвима

Кандидат је био рецензент 1 рада у часопису *Journal of Bionics Engineering* као и више конференцијски радова за конференције ETRAN/IcETAN и RAAD (*International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region*).

3.7. Организација научног рада

Бранко Лукић је учествовао на два национална пројекта:

1. *Истраживање и развој амбијентално интелигентних сервисних робота антропоморфних структура* (Министарство просвете, науке и технолошког развоја, ТР-35003, 2011-2018) и
2. *Mechanical Impedance Estimation and Planning for the Next Generation Collaborative Robots* (Фонд за науку Републике Србије, #6062528, 2020-2022),

и на једном билатералном пројекту између Електротехничког факултета и Института Јожеф Стефан из Љубљане:

3. *Развијање нових приступа за олакшавање колаборативног рада робота најновије генерације и човека у задацима заједничке манипулације* (Министарство просвете, науке и технолошког развоја, 2018-2019).

3.8. Остали показатељи успеха

- Награде и грантови

Бранко Лукић је освојио је грант који му је омогућио похађање петодневних предавања професора Кристофера Едвардса са Универзитета у Екстеру (*University of Exeter*) на тему „*Sliding Mode Control and Observation*“ у Паризу 2019. године организованих од стране *European Embedded Control Institute – International Graduate School on Control Program* (EECI-IGSC),

У 2014., 2015. и 2016. години, добитник је Стипендије Министарства просвете, науке и технолошког развоја намењене студентима докторских студија, као и Градске награде града Лознице за најбоље студенте.

Један од коаутора је на три рада који су проглашени за најбољи рад на конференцији ETRAN/ICETAN у сесији за роботiku и флексибилну аутоматизацију 2016., 2019. и 2022. године.

Аутор је рада који је проглашен за најбољи рад у студентској категорији на *International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region* (RAAD 2019), у Кајзерслаутерну у Немачкој.

- Наставне активности

Кандидат је учествовао у раду са студентима који су реализовали завршне радове у Лабораторији за роботiku при Катедри за сигнале и системе Електротехничког факултета у Београду.

3.9. Утицај научних резултата

Утицај и значај научних резултата кандидата се огледа у броју цитата и наградама које је кандидат освојио, а наведени су у 3.8.

3.10. Конкретан допринос кандидата у реализацији радова

Кандидат је све своје истраживачке активности на докторским студијама реализова на Електротехничком факултету у оквиру Лабораторије за роботiku и на Институту Јожеф Стефан у Љубљани, у оквиру Лабораторије за колаборативну роботiku. Кандидат је дао кључни допринос објављеним радовима и у већини радова је први аутор. Његов допринос се огледа у развоју и изради потребних симулација и експеримената, добијању, интерпретацији и презентацији симулационих и експерименталних резултата, писању радова и комуникацији са рецензентима часописа.

4. ЗАКЉУЧАК

Према важећим критеријумима за стицање научних звања Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, др Бранко Лукић је испунио све потребне услове за избор у звање научни сарадник (што се између осталог огледа у подацима приказаним у Табели 2 у секцији 2.1 овог извештаја).

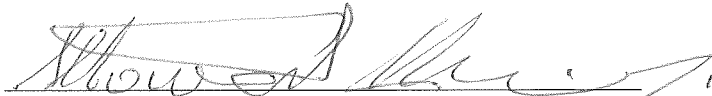
У складу са оствареним резултатима анализираним у овом извештају, др Бранко Лукић је дао научне доприносе у области управљања и моделирања актуатора променљиве крутости и крутости завршног уређаја робота. Кандидат је у досадашњем научно-истраживачком раду учествовао на три пројекта и провео је четири месеца истраживачког рада на Институту Јожеф Стефан у Љубљани у оквиру ког је остварио и сарадњу са истраживачима са института. Публиковао је укупно 17 радова од чега један у истакнутом међународном часопису, а радови на конференцијама су награђивани. Резултати кандидата Бранка Лукића испуњавају све неопходне критеријуме за избор у звање научни сарадник, прописане важећим Правилником о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача, на основу чега комисија закључује да кандидат испуњава све законске услове.

Стога Комисија има част и задовољство да предложи др Бранка Лукића за избор у звање НАУЧНИ САРАДНИК.

У Београду, 25.10.2022.



1. проф. др Коста Јовановић, ванредни професор,
Електротехнички факултет Универзитета у Београду



2. проф. др Томислав Б. Шекара, редовни професор,
Електротехнички факултет Универзитета у Београду,



3. проф. др. Мирко Раковић, ванредни професор,
Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду.