

Број 272/14-1  
10.03.2025. год.  
БЕОГРАД

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА  
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет:

Извештај Комисије за оцену испуњености услова за реизбор **Зорана Бабовића** у научно звање  
**НАУЧНИ САРАДНИК**.

Одлуком бр. 272/14, коју је Изборно веће Електротехничког факултета, Универзитета у Београду, донело на својој **904** седници одржаној **11.02.2025.** године, именовани смо за чланове Комисије за оцену испуњености услова за реизбор **Зорана Бабовића** у научно звање **НАУЧНИ САРАДНИК**. Након проучавања приложеног материјала, обавили смо анализу на основу које подносимо следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. Биографски подаци о кандидату**

Зоран Бабовић је рођен 14.09.1973. године у Лазаревцу. Основне студије је завршио на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, смер Рачунарска техника и информатика, са просечном оценом 8,07 и просеком оцена 8,65 из предмета са Катедре за рачунарску технику и информатику, одбравивши дипломски рад на тему: „МПЕГ 1-2 мултиплексер” код професора Вељка Милутиновића. Такође на Електротехничком факултету је школске 2011/2012 године уписао докторске студије на модулу Рачунарска техника и информатика и положио је све испите предвиђене Наставним планом и програмом модула са просечном оценом 10. Докторску дисертацију под називом „Семантичка интеграција сензорских мрежа” је одбранио 28.09.2018. године, такође под менторством професора Вељка Милутиновића.

Од 2006. године запослен је као истраживач приправник у Иновационом центру Електротехничког факултета у Београду, у јуну 2016. године је изабран у звање истраживач-сарадник, а у марту 2020. године је изабран за научног сарадника. У септембру 2019. године је изабран за доцента на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и на истом факултету је био ангажован са 30% радног времена до краја септембра 2023. године на студијском програму Рачунарска техника и софтверско инжењерство на основним студијама и на студијском програму Електротехника и рачунарство на мастер и докторским академским студијама. Од октобра 2023. године је такође као доцент са 30% радног времена ангажован на Рачунарском факултету Унион у Београду.

Његова област истраживања су модерни системи за управљање базама података и побољшање ефикасности извршавања упита, примена метода машинског и дубоког учења у системима и апликацијама, рачунарске архитектуре за системе са високим перформансама као и дистрибуирани рачунарски системи, са усмерењем на технологије Интернета ствари.

У претходном петогодишњем периоду је коаутор три научна рада објављена у часописима категорије M21a, а у целокупном периоду укупно седам научних радова категорије M20. У претходном петогодишњем периоду коаутор је четири конференцијска рада са међународних скupova категорије M33, коаутор је два саопштења са међународног скупа штампаних у изводу категорије M34 и коаутор је једног конференцијског рада са скупа националног значаја категорије M63.

## 2. Библиографија

Пошто се кандидат Зоран Бабовић поново бира у звање НАУЧНИ САРАДНИК, вреднују се његови радови од претходног избора у звање.

Комисија је утврдила аутентичност свих радова објављених у међународним часописима категорије M21a провером на порталу <https://enauka.gov.rs/>, на интернет страницама конференција и прегледа зборника радова и извода саопштења са конференција.

Такође, комисија је утврдила аутентичност свих научних резултата категорије M33, M34 и M63 провером на порталу <https://enauka.gov.rs/>, на интернет страницама конференција и прегледа зборника радова и извода саопштења са конференција.

У наставку су дате табеле са објављеним научним резултатима кандидата, сврстаним по категоријама. За радове објављене у часописима са импакт фактором, категорија је утврђена увидом у КоБСОН, на основу године у којој је рад објављен.

Број поена по категоријама дат је у Правилнику о стицању истраживачких и научних звања (Службени гласник РС, бр. 159/2020 и бр. 14/2023). За научне резултате где је број аутора већи од 3, коришћена је формула за ефективне поене као  $K/(1+0,2*(n-3))$ , где је n број аутора, а K номинални број поена у датој категорији.

Табела 1. Списак резултата са пуним називом, категоријом, вредношћу резултата и нормираним бројем поена

Ред. Бр.	Назив резултата	М Категорија	Вредност резултата	Нормиран број поена	Бр. аутора
1	B. Milicevic and <b>Z. Babovic</b> , "A systematic review of deep learning applications in database query execution," <i>Journal of Big Data</i> , vol. 11, no. 173, 2024. DOI:10.1186/s40537-024-01025-1.	M21A	10	10	2
2	<b>Z.Babović</b> , B. Bajat, V. Đokić, F. Đorđević, D. Drašković, N. Filipović, B. Furht, N. Gačić, I. Ikodinović, M. Ilić, A. Irfanoglu, B. Jelenković, A. Kartelj, G. Klimeck, N. Korolija, M. Kotlar, M. Kovačević, V. Kuzmanović, M. Marinković, S.	M21A	10	1,47	32

	Marković, A. Mendelson, V. Milutinović, A. Nešković, N. Nešković, N. Mitić, B. Nikolić, K. Novoselov, A. Prakash, I. Ratković, Z. Stojadinović, A. Ustyuzhanin & S. Zak "Research in computing-intensive simulations for nature-oriented civil-engineering and related scientific fields, using machine learning and big data: an overview of open problems," <i>Journal of Big Data</i> , vol. 10, article no:73, 2023. DOI: 10.1186/s40537-023-00731-6				
3	<b>Z. Babović</b> , B. Bajat, D. Barac, V. Bengin, V. Đokić, F. Đorđević, D. Drašković, N. Filipović, S. French, B. Furht, M. Ilić, A. Irfanoglu, A. Kartelj, M. Kilibarda, G. Klimeck, N. Korolija, M. Kotlar, M. Kovačević, V. Kuzmanović, J.M. Lehn, D. Madić, M. Marinković, M. Mateljević, A. Mendelson, F. Mesinger, G. Milovanović, V. Milutinović, N. Mitić, A. Nešković, N. Nešković, B. Nikolić, K. Novoselov, A. Prakash, J. Protić, I. Ratković, D. Rios, D. Shechtman, Z. Stojadinović, A. Ustyuzhanin & S. Zak "Teaching computing for complex problems in civil engineering and geosciences using big data and machine learning: synergizing four different computing paradigms and four different management domains," <i>Journal of Big Data</i> , vol. 10, article no:89, 2023. DOI:10.1186/s40537-023-00730-7	M21A	10	1,19	40
4	M. Marinković, Z. Stojadinović, M. Kovačević, M. Nikolić, D. Marinković, Đ. Nedeljković, <b>Z. Babović</b> , Z. Pucanović, F. Đorđević, M. Ivanović, N. Simić, B. Stojadinović, "Enhancing Earthquake Recovery: The RELAR Project's Rapid Loss Assessment Framework," <i>International Symposium of Association of Structural Engineers of Serbia (ASES)</i> , 18 – 20 September, Vrnjačka Banja, Serbia, 2024.	M33	1	0,36	12
5	M. Marinković, Z. Stojadinović, M. Kovačević, M. Nikolić, D. Marinković, Đ. Nedeljković, <b>Z. Babović</b> , Z. Pucanović, F. Đorđević, M. Ivanović, N. Simić, B. Stojadinović, "Framework for Rapid Earthquake Loss Assessment and Recovery: Aspects of the RELAR Project," <i>18th World Conference on Earthquake Engineering</i> , 30th June - 5th July 2024, Milano, Italy, 2024.	M33	1	0,36	12

6	<b>Z. Babovic</b> , F. Hadzic, "Applications of Machine Learning in Query Execution of Database Systems", <i>First Serbian International Conference on Applied Artificial Intelligence (SICAAI)</i> , 19th – 20th May, 2022, Kragujevac, Serbia, 2022.	M33	1	1	2
7	V. Milutinovic, M. Djordjevic, E. Sadeqi Azer, K. Yoshimoto, I. Ratković, G. Klimeck, M. Kotlar, M. Bojovic, B. Miladinovic, N. Korolija, S. Stankovic, N. Filipović, <b>Z. Babović</b> , M. Kosanic, A. Tsuda, M. Valero, M. de Santo, E. Neuhold, J. Skoručak, L. Dipietro, "The Ultimate DataFlow for Ultimate SuperComputers-on-a-Chip, for Scientific Computing, Geo Physics, Complex Mathematics, and Information Processing," <i>10th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)</i> , 07-10 June, 2021, Budva, Montenegro, 2021.	M33	1	0,23	20
8	<b>Z. Babovic</b> , "Text-to-SQL translation: Application of deep learning approach for Serbian language," <i>The Third Serbian International Conference on Applied Artificial Intelligence (SICAAI)</i> , 23rd – 24th May, 2024, Kragujevac, Serbia, 2024.	M34	0,5	0,5	1
9	<b>Z. Babovic</b> , "Applications of Deep Learning in Enhancing Database Query Execution," <i>Scientific Diaspora Days Symposium</i> , 18-19 October, 2024, Podgorica, Montenegro, 2024.	M34	0,5	0,5	1
10	I. Ursulovic, <b>Z. Babovic</b> , "Implementacija decentralizovane platforme za debate," <i>30. Nacionalna konferencija u oblasti informaciono-komunikacionih tehnologija YU Info 2024</i> , 10-13 Mart, 2024. Kopaonik, Srbija, 2024.	M63	0,5	0,5	2

### 3. Анализа научних резултата

Кандидат Зорана Бабовића је најзначајнији резултат постигао у мулти-дисциплинарној области која укључује област рачунарских наука и инжењерства, конкретно области модерних система за управљање база података и примену метода дубоког и машинског учења за побољшање рада тих система. У наставку ће бити дата анализа научног резултата под ред. бр. 1. из табеле 1, што је детаљно разрађена идеја из конференцијског рада под ред. бр. 6., а очигледно је да је кандидат оригинални креатор те идеје, јер је он једини коаутор на оба рада.

Наведени научни рад представља прегледни рад о аспектима ефикасности примене метода дубоког и машинског учења за извршавање упита у базама података (ДБМС). Најпре је дат теоријски увод за проблем традиционалног приступа пројектовања кључних компонената за извршавање упита у базама података, који су кључни оператори за извршавање спајања и

најпознатији тестови за евалуацију ДБМС. Посебан фокус је посвећен процени кардиналности упита као кључног фактора за квалитетну оптимизацију упита. Дате су формуле за израчунавање процењеног броја резултата подупита за спајање две табеле, на бази Селнинцеровог модела у условима независности атрибута релација и унiformне дистрибуције кључева, што је основна претпоставка примене модела процене кардиналности. Критеријум таксономије постојећих приступа за примену метода дубоког и машинског учења у ДБМС је ниво компоненти где се примењују технике дубоког и машинског учења, што се односи на компоненте ниског нивоа до виших нивоа апстракције. На основу тога је дата класификација која укључује приступе оријентисане ка индексним структурама, приступе оријентисане ка техникама оптимизације извршавања упита, док су у последњој категорији приступи са екстерним подешавањем оптимизатора упита. У области индексних структура, најпре су описани приступи са статички истренираним индексима који представљају основну иновацију у овом домену кроз хијерархију модела машинског учења ради имплементације (Online Transactional Processing) типове ДБМС. Последња група приступа у овом домену су мулти-димензионални индекси, у којој су описани кључна решења за побољшање традиционалних структура попут Р-stabла за индексирање просторно-временских података, односно података са географским координатама. У области оптимизације упита, идентификоване су две подгрупе и то приступи за процену кардиналности упита и приступи за одређивање редоследа извршавања подупита. У првој групи детаљније је описан приступ заснован на регресији применом вишеструких конволуционих неуралних мрежа за надгледано учење узорака упита и њихових резултата, са датим начином мапирања табела, операција спајања (join операција) и предиката у упитима на улазне векторе карактеристика неуралних мрежа. Други приступи обухватају технике са учењем дистрибуције података применом дубоких ауторегресивних модела, како би се постигла флексибилнија подршка за нове типове упита. Кључне технике за одређивање редоследа извршавања упита (енг. *query epitmeration plan*) користе варијанте дубоког појачаног учења (енг. *deep reinforcement learning*) тако да су дате њихове главне особине и начин примене. Истовремено су описани и хибридни приступи и приступи са графовским заснованим партиционисањем дистрибуирање оптимизације упита. У последњој категорији са спољашњим подешавањем извршавања упита, најпре су описани приступи са применом дубоког појачаног учења и Томпсоновим узорковањем у циљу екстерног управљања оптимизатора упита праћењем резултата извршавања упита и предлагањем корекције коришћених основних оператора, што омогућава побољшање постојећих решења ДБМС, посебно решења са отвореним кодом попут PostgreSQL. Следећа група обухвата технике за оптимално управљање планера упита на основу типа оптерећења где су примењене графовске конволуционе неуралне мреже и друге специјализоване методе машинског учења. И последња група приступа у овој категорији обухвата приступе који се користе коришћеним методама, побољшање у карактеристичне особине у применjenom контексту, попут коришћених метода перформансама, кључне предности, недостаци и ограничења. У посебном поглављу је дата детаљна анализа општих идентификованих проблема и изазова које треба решавати како би биле прихваћене у производним системима база технике дубоког и машинског учења.

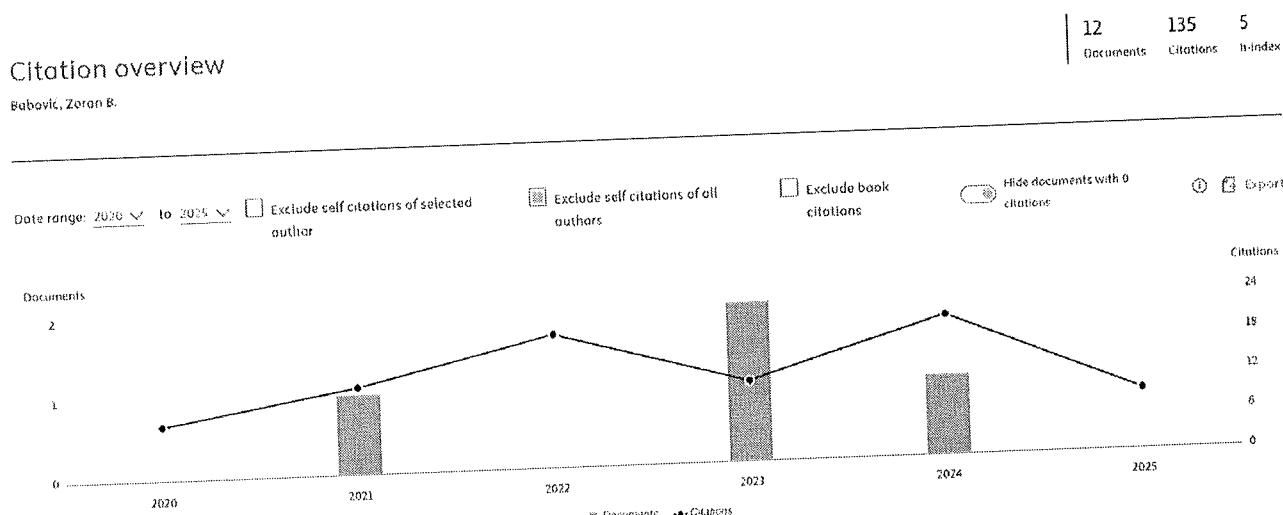
У свакој од идентификованих категорија дати су описи кључних приступа са применејеним техникама дубоког и машинског учења, потенцијална побољшања која се постижу, а истовремено је дато њихово упоредно поређење кроз табеларни приказ укључујући карактеристичне особине у применjenom контексту, попут коришћених метода, побољшање у перформансама, кључне предности, недостаци и ограничења. У посебном поглављу је дата детаљна анализа општих идентификованих проблема и изазова које треба решавати како би биле прихваћене у производним системима база технике дубоког и машинског учења.

података, попут кашњења и генералне примењивости ових модела у контексту савремених хардверских система и ригорозних захтева производничких система ДБМС, проблема прикупљања иницијалног скупа података за обуку коришћених модела, генералности модела у условима нових упита који нису присутни у тренинг скуповима података, искоришћење модела у различитим деловима ДБМС итд.

Описани рад је објављен у међународном часопису изузетних вредности категорије M21A и омогућава истраживачима увид у актуелну мулти-дисциплинарну проблематику, која је веома обимна и тешка за праћење, с обзиром да истраживачи типично поседују експертизу само у једном од ових домена, или техникама извршавања упита у ДБМС или у области метода дубоког и машинског учења. Дата истраживачка тема је веома актуелна како у развијају ДБМС и представља тренутно најиновативније пробоје у области савремених ДБМС.

#### 4. Цитираност објављених радова кандидата

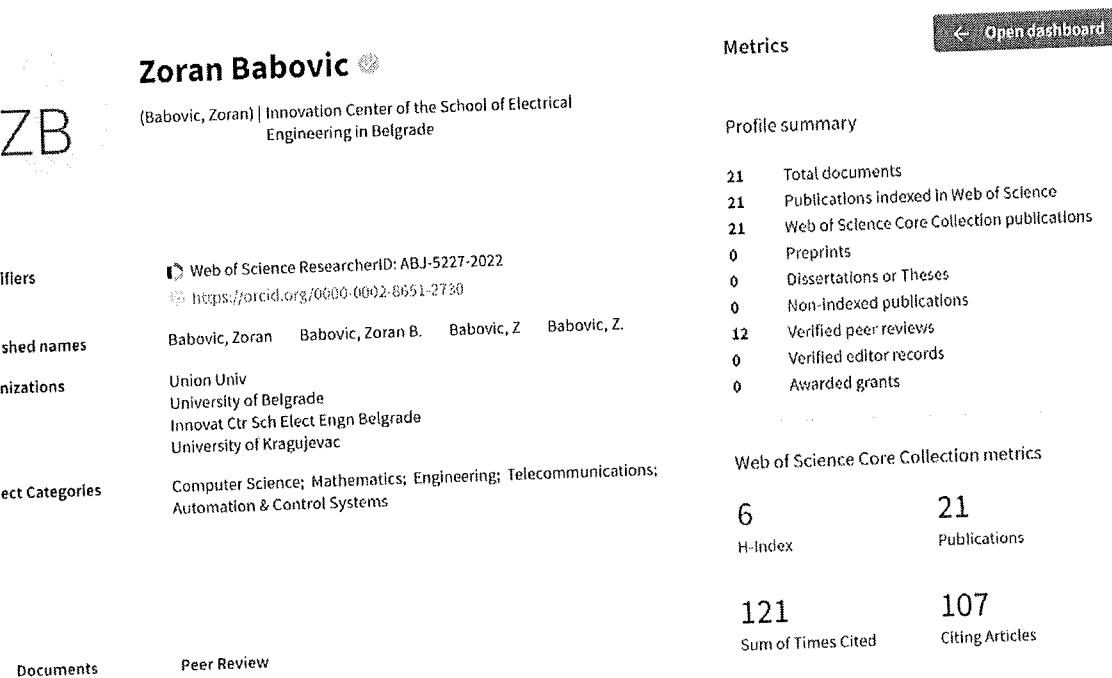
Према SCOPUS индексној бази, до тренутка формирања комисије, 12 од укупно 14 индексираних радова кандидата Зорана Бабовића цитирано је 135 пута, са искљученим аутоцитатима. Хиршов индекс (*h-index*) кандидата је 5. Приложен је дијаграм цитираности од 2020. до 2025. године, као и листе цитираности радова у том периоду.



Documents		Year	Sort by Date [newest] ▾									Total
			<2020	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Subtotal	>2025	
1	Teaching computing for complex problems in civil engineering and geosciences using big data and machine learning	2023	52	8	13	20	12	21	9	83	0	135
2	Research in computing-intensive simulations for nature-oriented civil engineering and related scientific fields	2023	0	0	0	0	1	10	2	13	0	13
3	The Ultimate Dataflow for Ultimate SuperComputers-on-a-Chip, for Scientific Computing, Geo Physics, Computation	2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	A Novel Infrastructure for Synergistic Dataflow Research, Development, Education, and Deployment: The MoXy Project	2017	1	1	0	1	0	0	1	3	0	9
5	Implementation of perception algorithm using DataFlow paradigm	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Web Performance Evaluation for Internet of Things Applications	2016	39	2	12	18	9	7	3	95	0	95
7	Mining clinical data	2013	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8	Novel System Architectures for Semantic-Based Integration of Sensor Networks	2013	3	0	0	0	1	1	1	3	0	6
9	A survey on the use of Mobile Agents in Wireless Sensor Networks	2012	5	0	1	1	0	0	0	2	0	7
10	Concept modeling: From origins to multimodal	2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	ProSense research activities in Belgrade	2009	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
12	Survey of e-government services in Serbia	2007	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2

### Цитираност појединачних радова у бази Scopus

У индексној бази *Web Of Science* 21 индексирани рад кандидата је цитиран 121 пут, уз Хиршов индекс (*h-index*) 6.



### 5. Квалитетивни показатељи научног ангажмана

Кандидат Зоран Бабовић се већ више од 15 година континуално бави научним радом.

У претходном петогодишњем периоду био је учесник на пројекту „Флексибилни аутоматски сервис управљања подацима – FLEXAM“ од октобра 2020. године до априла 2022. године, под руководством проф. Драгана Милићева са Електротехничког факултета.

Пројекат је финансиран у оквиру програма Доказ концепта Фонда за иновациону делатност Републике Србије. Тема пројекта је развој прототипа као наставак примењенх истраживања у области ефикасног управљања подацима у системима за управљање базама података. Од јануара 2024. године је ангажован на пројекту „*Rapid Earthquake Loss Assessment and Recovery Framework – RELAR*” финансираним у оквиру програма Призма Фонда за науку Републике Србије, под руководством Грађевинског факултета Универзитета у Београду, уз учешће професора и асистената са Грађевинског и Математичког факултета Универзитета у Београду.

Тема пројекта је развој модела машинског учења за брузу процену штете након земљотреса. Пре тога је од 2011. године до краја пројектног циклуса 2021. године био ангажован на пројекту „Интегралних и интердисциплинарних истраживања коришћењем и технолошког развоја „Развој нових информационо-комуникационих технологија коришћењем најредних математичких метода, са применама у медицини, енергетици, e-Управи, телекомуникацијама и заштити националне баштине” под руководством Математичког института САНУ и то у склопу потпројекта „Развој интелигентних система базираних на дата мајнинг стратегијама”.

Увидом преко портала *Web of Science* (<https://www.webofscience.com/wos/author/record/ABJ-5227-2022>) и *Orcid* (<https://orcid.org/0000-0002-8651-2730>) и увидом у сертификате часописа, Комисија је утврдила да је кандидат рецензирао више научних радова у часописима са SCI листе и то у следећим часописима:

- IEEE Transactions on Industrial Informatics (IF:11,7; M21a; 6 рецензија),
- Journal of Big Data (IF:8,6; M21a; 9 рецензије),
- Internet of Things (IF:6,0; M21; 7 рецензија.),
- Remote Sensing (IF:4,2; M21; 3 рецензије),
- Sustainable Computing: Informatics and Systems (IF:3,8; M21; 1 рецензије),
- IEEE Access (IF:3,4; M22; 2 рецензије.),
- Sensors (IF:3,4; M22; 1 рецензија).

Од септембра 2024. године ангажован је као придужени уредник (енг. *Associate Editor*) часописа *Sustainable Computing: Informatics and Systems* издавача *Elsevier* (IF:3,8; M21).

Тренутно учествује у настави на смеру Рачунарство инжењерство на Рачунарском факултету Универзитета Унион, а од 2019. до 2023. године је учествовао у настави на смеру Рачунарска техника и софтверско инжењерство на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. На датим факултетима је учествовао у више комисија за одбрану мастер и дипломских радова.

Члан је међународног удружења инжењера електротехнике IEEE од 2013. године.

## 6. Квантитативна оцена научних резултата кандидата

Кандидат др Зоран Бабовић по други пут се бира у звање НАУЧНИ САРАДНИК. Према Правилнику о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача („Службени гласник РС”, бр. 159/2020 и

14/2023), кандидат је остварио укупно **16,11** поена (неопходно 16), за категорије M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M51+M80+M90+M100 остварио је **14,61** поена при чему је неопходан услов 9 и у категорији радова M21+M22+M23 остварио је **12,66** поен, а неопходно је 5. На основу горњих података се закључује да у свакој од три наведене категорије, кандидат има више од неопходног броја поена за поновни избор у научно звање **НАУЧНИ САРАДНИК**.

	<b>Потребно је да кандидат има најмање XX поена, који треба да припадају следећим категоријама:</b>	Неопходно (XX)	Остварено
<b>Научни сарадник</b>	Укупно	16	16,11
<b>Обавезни (1)</b>	M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M51+M80+M90+M100	9	14,61
<b>Обавезни (2)</b>	M21+M22+M23	5	12,66

Табела 2. Испуњење минималних квантитативних захтева за стицање звања научни сарадник

## 7. Закључак и предлог комисије

Научно-истраживачки рад кандидата Зорана Бабовића је тренутно усмерен на истраживање у области савремених система за управљање база података и примене метода дубоког и машинског учења у тим системима и другим апликацијама. Ранији доминантан предмет његових истраживања су били дистрибуирани рачунарски системи, у ужем смислу системи Интернета ствари. Секундарна област истраживања су му рачунарске архитектуре за системе Интернета ствари. У области свог научно-истраживачког рада, системе са захтевима за високим перформансама. У области свог научно-истраживачког рада, кандидат је постигао значајне резултате у области примене метода дубоког и машинског учења за побољшавање рада система за управљање база података кроз објављивање радова у часописима у датој области и на међународним конференцијама, а такође је једном од водећих часописа у датој области и на међународним конференцијама, а такође је учесник пројекта финансијираним од Фонда за науку и Иновационог фонда Републике Србије за примену истраживања у области савремених база података и метода дубоког и машинског учења. У ранијем периоду, кандидат је постигао значајне резултате у области Интернета ствари, предлажући архитектуре за семантички интегрисан Интернет ствари као и анализу перформанси апликативних протокола Интернета ствари, што је резултирало цитирањем његових научних резултата.

Као резултат свог научно-истраживачког рада у претходном петогодишњем периоду, кандидат је објавио као коаутор 3 рада у научном часопису категорије M21A, а у целокупном периоду је коаутор на укупно седам научних радова категорије M20. У претходном периоду коаутор је 4 конференцијска рада са међународних скупова категорије петогодишњем периоду коаутор је 4 конференцијска рада са међународних скупова категорије

M33, коаутор је два саопштења са међународног скупа штампаних у изводу категорије M34 и M33, коаутор је једног конференцијског рада са скупа националног значаја категорије M63. Коаутор је рецензент у неколико часописа категорија M21A и M21 и ангажован је као активан је рецензент у научном часопису *Sustainable Computing: Informatics and Systems* придружен је едитор у научном часопису *Elsevier*, категорије M21.

Према индексној бази *SCOPUS* радови кандидата су цитирани 135 пута са искљученим аутоцитатима, а његов Хиршов фактор износи 5.

У свакој од три релевантне категорије, кандидат има већи број поена од неопходног броја за поновни избор у звање научни сарадник.

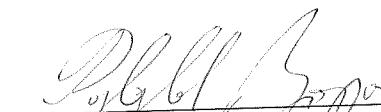
Имајући у виду наведено као и целокупну научно-стручну делатност кандидата, Комисија сматра да су задовољени сви постављени квантитативни и квалитативни критеријуми за избор и предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду поновни избор др Зорана Бабовића у звање **НАУЧНИ САРАДНИК**.

У Београду, 10.03.2025. године

**ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ**



др Милош Цветановић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Захарије Радивојевић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Милош Ковачевић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Грађевински факултет