

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Факултет организационих наука

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Петра Луковца за израду докторске дисертације и оцену научне заснованости теме докторске дисертације

Одлуком 05-01 бр. 3/72-10 од 10.07.2024. године именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **Петра Луковца** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „ИТ екосистем паметне пољопривреде заснован на *IoT* и блокчејн технологијама“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ

Петар Луковац рођен је у Београду 21.03.1999, где је завршио Основну школу „Иван Гундулић” и девету гимназију „Михаило Петровић Алас”, друштвено језички смер. Основне студије завршио је на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду, где је стекао звање дипломираног инжењера организационих наука. Мастер студије, студијски програм Електронско пословање и управљање системима, студијска група Технологије електронског пословања, завршио је на Факултету организационих наука, са просечном оценом 10 и одбрањеним мастер радом на тему „Паметни систем за праћење порекла органског меда заснован на *blockchain* технологијама”. Докторске студије, студијски програм Софтверско инжењерство и електронско пословање, уписао је на Факултету организационих наука 2022. године. Студент је друге године докторских студија. Положио је свих девет испита на докторским студијама са просечном оценом 10 (десет).

Петар Луковац је од 2021. године ангажован као сарадник ван радног односа – демонстратор. Од 2022. године је запослен као сарадник у настави, а затим и као асистент на Факултету организационих наука на Катедри за електронско пословање. Петар Луковац је био члан организационог одбора конференције *E-business technologies*. Такође, био је предавач на Елаб летњој школи 2022, 2023 и 2024. године. Учествовао је у већем броју активности и пројеката на Факултету организационих наука:

- Тренинг асистент на програму „Преквалификације за ИТ“, Развојни програм Уједињених Нација (United Nations Development Program - UNDP), школска 2022/23.
- Истраживач на пројекту ACEW3, заједнички пројекат Факултета организационих наука и Универзитета на Флориди, 2022 - 2024.
- ФОН Подкаст, Факултет организационих наука, 2023.
- Члан организационог тима „Web3 Algorand Hackathon“, 2023.
- Члан организационог тима „FON Hakaton – Blockchain Challenge“, 2024.

Jovelića 154, 11000 Beograd, Srbija, Tel.: (011) 3950-800, Faks: (011) 2461-221

PIB: 100383934, Matični broj: 07004044, Tekućiračun: 840-1344666-69

E-pošta: dekanat@fon.bg.ac.rs; Posetite: www.fon.bg.ac.rs

- Члан организационог тима и предавач на програму обуке „Web3 технологије“, Катедра за електронско пословање, Факултет организационих наука, 2023. и 2024.
- Члан је IEEE и IEEE Computer Society

1.2. СТЕЧЕНО НАУЧНОИСТРАЖИВАЧКО ИСКУСТВО

У наставку ће бити приказане научноистраживачке активности кандидата. Оне обухватају радове објављене на конференцијама и у часописима, од године уписа докторских студија, и преглед положених испита.

Током досадашњег рада кандидат је објавио више радова у земљи и иностранству и учествовао на више међународних и домаћих скупова и конференција.

Радови у часописима међународног значаја (M20):

1. Nudin, S., Suvajdžić, M., **Lukovac, P.**, Barać, D., Radenković, B. (2024). Testing readiness of adoption of blockchain technology in tracking the authenticity of organic coffee” *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics*, 37(1), 53-73, ISSN 0353-3670, <http://casopisi.junis.ni.ac.rs/index.php/FUElectEnerg/article/view/12548>, M24.

Радови у зборницима симпозијума међународног значаја (M30):

2. Labus, A., Barać, D., **Lukovac, P.**, Despotović, V., Simić, M. Modeling Blockchain System For Fashion Industry, *WorldCIST'23 - 11th World Conference on Information Systems and Technologies*, 4-6. april 2023., Pisa, Italy. <https://worldcist.org/>, M33
3. **Lukovac, P.**, Simić, M., Radenković, B., (2023). IoT system for smart beekeeping. *E-business Technologies Conference Proceedings 15-17 June, Belgrade, Serbia, 2023*. M33
4. Nudin, S., Labus, A., **Lukovac, P.**, Suvajdžić, M. (2023). DApp for Food Traceability Based on PyTeal and Algorand. *E-business Technologies Conference Proceedings 15-17 June, Belgrade, Serbia, 2023*. M33
5. Stanisavljević, N., Stojanović, D., Miletić, A., **Lukovac, P.** Bogdanović, Z. (2023) Internal Stakeholders' Readiness for Developing Smart Railway Services through Crowd-based Open Innovations, *ICMarkTech2022*, 1-3 December, Santiago, Spain, 2022. accepted for publication, M33
6. **Lukovac, P.**, Despotović, V., Dacić-Pilčević, A. (2024). A Methodological Approach of Development of an NFT Project, In: M. Kostić-Stanković, I. Mijatović, J. Krivokapić (eds.) *Unlocking the Hidden Potentials of Organization Through Merging of Humans and Digitals*, 19th International Symposium SymOrg (pp. 145-151), 12-15 June, Belgrade, Serbia, <https://symorg.fon.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2024/06/Zbornik-SymOrg-2024.pdf>, M34
7. Durković, M., Hadžić, D., **Lukovac, P.** (2024). Digital Twins of Road Signage: Leveraging AI and RFID for Improved Road Safety, In: M. Kostić-Stanković, I. Mijatović, J. Krivokapić (eds.) *Unlocking the Hidden Potentials of Organization Through Merging of Humans and Digitals*, 19th International Symposium SymOrg (pp. 516-522), 12-15 June, Belgrade, Serbia, <https://symorg.fon.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2024/06/Zbornik-SymOrg-2024.pdf>, M34
8. **Lukovac, P.**, Simić, M., Duranović, M., Radenković, M. Labus, A. (2023) Blockchain-based C2C business models in a smart city, *ICMarkTech2023*, November 30th– December 2nd, Prague, Czech Republic, 2023. accepted for publication, M33

Радови на конференцијама националног значаја (M60):

9. Rodić, B., Labus, A., Despotović-Zrakić, M., **Lukovac, P.**, Simić, M. An ecosystem for smart cities based on blockchain, 6th International Scientific Conference on Digital Economy DIEC 2023, 25.08.2023., Tuzla, Bosnia and Herzegovina. <https://ipi-akademija.ba/file/diec-6-online/189>, M61
10. Bogdanović, Z., Despotović-Zrakić, M., Labus, A., **Lukovac, P.**, Radenković, B. (2022). IoT and blockchain in monitoring honey production. II Международная Научно-Практическая Конференция «Развитие Сервисной Деятельности в условиях Цифровизации Экономики: Актуальные Проблемы и Их Решение»> 29 Апреля 2022г. M63

Поглавља у монографијама међународног значаја (M14):

11. **Lukovac, P.,** Miletić, A., Radenković, B. (2022) A System for Tracking Organic Honey Production Using Blockchain Technologies, in M. Mihić, S. Jednak, G. Savić (eds) Sustainable Business Management and Digital Transformation: Challenges and Opportunities in the Post-COVID Era, Springer. ISBN: 978-3-031-18644-8, M14

Следи списак положених предмета на докторским студијама са оценама и ЕСПБ бодовима:

Називи предмета	Оцена	ЕСПБ
Методологија научно-истраживачког рада у техничко-технолошким наукама	10 (десет)	10
Big data и пословна интелигенција у електронском пословању	10 (десет)	10
Cloud computing и софтверски дефинисане мреже	10 (десет)	10
Blockchain у електронском пословању - одабрана поглавља	10 (десет)	10
Виртуелна и проширена реалност	10 (десет)	10
Електронско пословање - одабрана поглавља	10 (десет)	10
Интернет интелигентних уређаја и паметна окружења	10 (десет)	10
Конкурентно и дистрибуирано програмирање	10 (десет)	10
Мобилно пословање	10 (десет)	10

1.3. ОЦЕНА ПОДОБНОСТИ КАНДИДАТА ЗА РАД НА ПРЕДЛОЖЕНОЈ ТЕМИ

Узимајући у обзир:

- резултате остварене током досадашњег образовања;
- резултате истраживања који су публиковани на научно-стручним конференцијама и у часописима;

закључује се да кандидат у потпуности квалификован да тему докторске дисертације самостално истражује и пружи научно-стручне доприносе у тој области.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Предмет истраживања докторске дисертације је развој ИТ екосистема паметне пољопривреде заснованог на *IoT* и блокчејн технологијама. Централни истраживачки проблем који се разматра је испитивање могућности интеграције блокчејн технологија и паметних уређаја у јединствени систем који омогућава праћење производа кроз цео ланац снабдевања, од почетка производње до крајњег купца.

Циљ истраживања је развој модела предложеног система паметне пољопривреде заснованог на *IoT* и блокчејн технологијама. На основу модела биће креиран прототип система који има за циљ прикупљање података и отворен приступ подацима који гарантују порекло производа и њихов квалитет, што купцима омогућава да одлуке о куповини базирају на чињеницама. Подаци са сензора се преко паметних уређаја директно прослеђују на мрежу у облаку (енг. *cloud network*). Кључни подаци, као и трансакције које се обављају у систему, чувају се на блокчејн мрежи. Интеграција блокчејн технологија омогућава брз и сигуран начин за реализацију и бележење пословних трансакција [1], [2]. Чувањем података у дистрибуираној бази омогућава се доступност информација купцима, али и свим другим стејкхолдерима. Овај приступ такође значајно смањује могућност брисања или измене података једном када су забележени, обезбеђујући поверење у квалитет производа.

Важност паметне пољопривреде се највише се огледа у директној вези пољопривреде са континуираним снабдевањем хране. Целокупан процес укључује велики број стејкхолдера укључујући произвођаче пољопривредних производа, препродавце, прерађиваче, продавце у малопродаји и друге [3]. Прикупљање и интерпретација података о самом процесу производње као и каснијем чувању пољопривредних производа су неопходни како би се осигурао квалитет производа

[4], [5]. На тај начин пољопривредници могу повећати производњу и доносити одлуке базиране на чињеницама [6]. Имплементација система паметне пољопривреде укључује многобројне технологије распоређене у физички, мрежни и друге слојеве [7]. Они укључују различите врсте сензора, актуаторе, *RFID* тагове и читаче, дронове, и друге уређаје. Неопходно је и коришћење бежичних мрежа за слање података и одговарајући протоколи укључујући мобилне мреже, *WiFi*, *LoRa*, *Bluetooth* и протоколе специфичне за *IoT* као што је *MQTT* [8].

Примена *IoT* у различитим областима људског деловања је тема бројних научно-истраживачких радова [9]. Неке од главних карактеристика паметних окружења везују се за приступ на даљину, надгледање система и приступ великој количини података који се касније могу користити и у предиктивне сврхе [10].

Примена паметних уређаја у пољопривреди своди се на три основна типа: систем за надгледање, систем за праћење порекла и систем управљање стакленом баштом [11]. Паметни уређаји прикупљају податке од значаја, који могу утицати на повећање приноса и смањење трошкова [12]. Примена паметних уређаја у овој дисертацији усмерена је ка надгледању одговарајућих параметара приликом процеса производње и обраде меда, као и праћењу производа од меда кроз сегменте ланца снабдевања, коришћењем међусобно повезаних и ефикасно распоређених *IoT* уређаја који имају способност прикупљања података преко сензора [13], [14]. На овај начин, може се обезбедити лоцирање меда, праћење кључних параметара у процесу производње и транспорта, што је омогућено прикупљањем података са многобројних сензора у реалном времену, без потребе за интервенцијом човека [15]. Систем постаје ефикаснији, а људске грешке се свode на минимум [16], [17]. Након анализе података, *IoT* уређаји могу извршити и одређене акције у циљу унапређења окружења и посматраних параметара [18].

У паметним окружењима, сигурност прикупљених података је од великог значаја. Блокчејн технологија омогућава чување података, без сумње у њихову оригиналност. Децентрализован и дистрибуиран карактер онемогућава измену и брисање постојећих података у мрежи [19], [20]. Кључни елемент сваке блокчејн платформе је консензус алгоритам који је задужен за валидацију свих трансакција на блокчејн мрежи и додавање нових блокова у ланац [2], [21], [22].

Конвенционални *IoT* системи све прикупљене податке са сензора шаљу на *cloud* сервер [23]. Један од проблема који се истиче је доступност свих података на централизованом серверу треће стране. Комбиновање блокчејн технологија у паметним системима обезбеђује поверење у податке који су доступни у систему [12], [18]. Идеја овог рада јесте да кључне податке из система шаље директно на блокчејн мрежу и осигура да није дошло до манипулације подацима у било ком тренутку. Некритични подаци се и даље могу чувати користећи централизоване *cloud* базе података.

У току истраживања биће реализоване следеће активности:

- преглед литературе у области паметних ИТ екосистема са посебним освртом на паметну пољопривреду
- преглед литературе у области *IoT* технологија, блокчејн технологија и интеграције технологија у јединствен ИТ екосистем,
- анализа досадашњих резултата и спецификација отворених проблема који ће се истраживати у дисертацији у контексту паметне пољопривреде,
- развој модела ИТ екосистема паметне пољопривреде
- дефинисање компонената модела за прикупљање података коришћењем *IoT* уређаја и бележење података на блокчејн мрежи,
- дефинисање модела за прикупљање података са *IoT* уређаја, унос података и бележење трансакција путем паметних уговора на блокчејн мрежи и интеграцију *IoT* и блокчејн система,
- имплементација прототипа система паметне пољопривреде
- дефинисање графичког корисничког интерфејса за приступ подацима са блокчејн мреже
- пројектовање и имплементација хардверског и софтверског система паметне пољопривреде базираног на предложеним методама и моделима са применом у производњи, дистрибуцији и продаји меда,
- дефинисање метода за одређивање локација/станишта паметне пољопривреде базиране на *IoT* инфраструктури

- планирање eksperimenta u razvijenoj sistemu za pametnu poljoprivredu zasnovanom na IoT blokčejn tehnologijama,
- sprovođenje eksperimenta i analiza rezultata
- analiza spremnosti stejkholdera za korišćenje sistema za pametnu poljoprivredu zasnovanog na IoT i blokčejn tehnologijama

Pочетна листа библиографских извора која ће се користити приликом израде докторске дисертације:

- [1] J. Al-Jaroodi and N. Mohamed, "Blockchain in Industries: A Survey," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 36500–36515, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2903554.
- [2] Z. Zheng et al., "An overview on smart contracts: Challenges, advances and platforms," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 105, pp. 475–491, 2020, doi: 10.1016/j.future.2019.12.019.
- [3] T. H. Pranto, A. A. Noman, A. Mahmud, and A. B. Haque, "Blockchain and smart contract for IoT enabled smart agriculture," *PeerJ Comput. Sci.*, vol. 7, pp. 1–29, Mar. 2021, doi: 10.7717/PEERJ-CS.407/SUPP-1.
- [4] M. A. Ali, R. K. Dhanaraj, V. Sharma, and B. Balamurugan, "IoT and Blockchain based Smart Agriculture Monitoring and Intelligence Security System," *Proc. - 2022 3rd Int. Conf. Comput. Autom. Knowl. Manag. ICCAKM 2022*, 2022, doi: 10.1109/ICCAKM54721.2022.9990243.
- [5] F. Tian, "A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things," *14th Int. Conf. Serv. Syst. Serv. Manag. ICSSSM 2017 - Proc.*, Jul. 2017, doi: 10.1109/ICSSSM.2017.7996119.
- [6] M. Ur Rahman, F. Baiardi, and L. Ricci, "Blockchain Smart Contract for Scalable Data Sharing in IoT: A Case Study of Smart Agriculture," *2020 IEEE Glob. Conf. Artif. Intell. Internet Things, GCAIoT 2020*, Dec. 2020, doi: 10.1109/GCAIoT51063.2020.9345874.
- [7] L. Da Xu, W. He, and S. Li, "Internet of things in industries: A survey," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 10, no. 4, pp. 2233–2243, Nov. 2014, doi: 10.1109/TII.2014.2300753.
- [8] O. Friha et al., "Internet of Things for the Future of Smart Agriculture: A Comprehensive Survey of Emerging Technologies," *IEEE/CAA J. Autom. Sin.* 2021, Vol. 8, Issue 4, Pages 718-752, vol. 8, no. 4, pp. 718–752, Apr. 2021, doi: 10.1109/JAS.2021.1003925.
- [9] B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, A. Labus, and Ž. Bojović, *Internet inteligentnih uređaja*. Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, 2017.
- [10] E. Ahmed, I. Yaqoob, A. Gani, M. Imran, and M. Guizani, "Internet-of-things-based smart environments: State of the art, taxonomy, and open research challenges," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 23, no. 5, pp. 10–16, Oct. 2016, doi: 10.1109/MWC.2016.7721736.
- [11] V. K. Quy et al., "IoT-Enabled Smart Agriculture: Architecture, Applications, and Challenges," *Appl. Sci.* 2022, Vol. 12, Page 3396, vol. 12, no. 7, p. 3396, Mar. 2022, doi: 10.3390/APP12073396.
- [12] B. B. Sinha and R. Dhanalakshmi, "Recent advancements and challenges of Internet of Things in smart agriculture: A survey," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 126, pp. 169–184, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.FUTURE.2021.08.006.
- [13] Y. Xia, X. Etchevers, L. Letondeur, T. Coupaye, and F. Desprez, "Combining Hardware Nodes and Software Components Ordering-based Heuristics for Optimizing the Placement of Distributed IoT Applications in the Fog," 2018, doi: 10.1145/3167132.3167215.
- [14] A. Srivastava and K. Dashora, "Application of blockchain technology for agrifood supply chain management: a systematic literature review on benefits and challenges," *Benchmarking*, vol. ahead-of-print, no. ahead-of-print, 2022, doi: 10.1108/BIJ-08-2021-0495/FULL/XML.
- [15] P. Lukovac, A. Miletić, and B. Radenković, "Designing a Blockchain-based E-business System for Tracking Honey Production," in *Sustainable Business Management and Digital Transformation: Challenges and Opportunities in the Post-COVID Era*, 18th International Symposium SymOrg, 2022, pp. 184–185. [Online]. Available: <https://symorg.fon.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2022/07/Book-of-Abstracts-Symorg2022.pdf>
- [16] A. Kaur, G. Singh, V. Kukreja, S. Sharma, S. Singh, and B. Yoon, "Adaptation of IoT with Blockchain in Food Supply Chain Management: An Analysis-Based Review in Development, Benefits and Potential Applications," *Sensors* 2022, Vol. 22, Page 8174, vol. 22, no. 21, p. 8174, Oct. 2022, doi: 10.3390/S22218174.
- [17] I. Ehsan et al., "A Conceptual Model for Blockchain-Based Agriculture Food Supply Chain System," *Sci. Program.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/7358354.
- [18] S. Nigam, U. Sugandh, and M. Khari, "The integration of blockchain and IoT edge devices for smart agriculture: Challenges and use cases," *Adv. Comput.*, vol. 127, pp. 507–537, Jan. 2022, doi: 10.1016/BS.ADCOM.2022.02.015.
- [19] Ž. Mišić and B. Mrazovac, "Implementacija Programske Podrške za Manipulaciju Podacima Decentralizovane Aplikacije za Upravljanje Pristupom Zaštićenoj Zoni," *Zb. Rad. Fak. Teh. Nauk. u Novom Sadu*, vol. 35, no. 10, pp. 1818–1821, Oct. 2020, doi: 10.24867/09IH03MISIC.
- [20] L. Wang et al., "Smart Contract-Based Agricultural Food Supply Chain Traceability," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 9296–9307, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.305011210.1109/ACCESS.2021.3050112.
- [21] Z. Bogdanović, B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, D. Barać, A. Labus, and T. Naumović, "Blockchain technologies: Current state and perspectives," in *Second International Scientific Conference on Digital Economy*

- DIEC 2019, 2019, pp. 1–12. [Online]. Available: <http://ipi-akademija.ba/file/zbornik-diec-2019/44>
- [22] M. van Hilten, G. Ongena, and P. Ravesteijn, “Blockchain for Organic Food Traceability: Case Studies on Drivers and Challenges,” *Front. Blockchain*, vol. 0, p. 43, Sep. 2020, doi: 10.3389/FBLOC.2020.567175.
- [23] M. A. Uddin, A. Stranieri, I. Gondal, and V. Balasubramanian, “A survey on the adoption of blockchain in IoT: challenges and solutions,” *Blockchain Res. Appl.*, vol. 2, no. 2, p. 100006, Jun. 2021, doi: 10.1016/J.BCRA.2021.100006.
- [24] L. D. W. Thomas, E. Autio, and D. M. Gann, “Processes of ecosystem emergence,” *Technovation*, vol. 115, p. 102441, Jul. 2022, doi: 10.1016/J.TECHNOVATION.2021.102441.
- [25] K. H. Bhuiyan et al., “Smart Tourism Ecosystem: A New Dimension toward Sustainable Value Co-Creation,” *Sustain.* 2022, Vol. 14, Page 15043, vol. 14, no. 22, p. 15043, Nov. 2022, doi: 10.3390/SU142215043.
- [26] O. Gómez-Carmona et al., “Mind the gap: The AURORAL ecosystem for the digital transformation of smart communities and rural areas,” *Technol. Soc.*, vol. 74, p. 102304, Aug. 2023, doi: 10.1016/J.TECHSOC.2023.102304.
- [27] M. I. Pardo-Baldoví, Á. San Martín-Alonso, and J. Peirats-Chacón, “The Smart Classroom: Learning Challenges in the Digital Ecosystem,” *Educ. Sci.* 2023, Vol. 13, Page 662, vol. 13, no. 7, p. 662, Jun. 2023, doi: 10.3390/EDUCSCI13070662.
- [28] B. Williamson, “Making markets through digital platforms: Pearson, edu-business, and the (e)valuation of higher education,” *Crit. Stud. Educ.*, vol. 62, no. 1, pp. 50–66, Jan. 2021, doi: 10.1080/17508487.2020.1737556.
- [29] M. Decuypere, E. Grimaldi, and P. Landri, “Introduction: Critical studies of digital education platforms,” *Crit. Stud. Educ.*, vol. 62, no. 1, pp. 1–16, Jan. 2021, doi: 10.1080/17508487.2020.1866050.
- [30] M. K. Saini and N. Goel, “How Smart Are Smart Classrooms? A Review of Smart Classroom Technologies,” *ACM Comput. Surv.*, vol. 52, no. 6, Dec. 2019, doi: 10.1145/3365757.
- [31] M. Kwet and P. Prinsloo, “The ‘smart’ classroom: a new frontier in the age of the smart university,” *Teach. High. Educ.*, vol. 25, no. 4, pp. 510–526, May 2020, doi: 10.1080/13562517.2020.1734922.
- [32] Z. Wang, “Smart spaces: Creating new instructional space with smart classroom technology,” *New Libr. World*, vol. 109, no. 3–4, pp. 150–165, 2008, doi: 10.1108/03074800810857603/FULL/XML.
- [33] H. Werthner et al., “Future research issues in IT and tourism: A manifesto as a result of the JITT workshop in June 2014, Vienna,” *Inf. Technol. Tour.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–15, Mar. 2015, doi: 10.1007/S40558-014-0021-9/FIGURES/1.
- [34] L. Zeynalli and E. Rahimli, “The Role of Human Capital in Increasing Tourism Potential in a Post-Conflict Situation,” *Futur. Hum. Image*, vol. 17, 2022, doi: 10.29202/FHI/17/12.
- [35] M. C. tom Dieck and T. Jung, “A theoretical model of mobile augmented reality acceptance in urban heritage tourism,” *Curr. Issues Tour.*, vol. 21, no. 2, pp. 154–174, Jan. 2018, doi: 10.1080/13683500.2015.1070801.
- [36] A. Mukherjee, S. Sahoo, and R. Halder, “A blockchain-based integrated and interconnected hybrid platform for Smart City ecosystem,” *Peer-to-Peer Netw. Appl.*, vol. 15, no. 4, pp. 2116–2141, Jul. 2022, doi: 10.1007/S12083-022-01338-Z/FIGURES/19.
- [37] C. Perera, A. Zaslavsky, P. Christen, and D. Georgakopoulos, “Sensing as a service model for smart cities supported by Internet of Things,” *Trans. Emerg. Telecommun. Technol.*, vol. 25, no. 1, pp. 81–93, Jan. 2014, doi: 10.1002/ETT.2704.
- [38] A. Amin, M. Mubeen, H. Mohkum Hammad, and W. Nasim Jatoti, “Climate Smart Agriculture: an approach for sustainable food security,” *Agric. Res. Commun.* 2015, vol. 2, no. 3, pp. 13–21, 2015, Accessed: Sep. 18, 2024. [Online]. Available: www.aspublisher.com
- [39] R. Abdelmordy, E. El-Din Hemdan, W. El-Shafai, and E.-S. Mahmoud El-Rabaie, “Climate-smart agriculture using intelligent techniques, blockchain and Internet of Things: Concepts, challenges, and opportunities,” *Artic. Trans. Emerg. Telecommun. Technol.*, 2022, doi: 10.1002/ett.4607.
- [40] H. Zeng, G. Dhiman, A. Sharma, A. Sharma, and A. Tselykh, “An IoT and Blockchain-based approach for the smart water management system in agriculture,” *Expert Syst.*, vol. 40, no. 4, p. e12892, May 2023, doi: 10.1111/EXSY.12892.
- [41] M. S. Balaji and S. K. Roy, “Value co-creation with Internet of things technology in the retail industry,” <https://doi.org/10.1080/0267257X.2016.1217914>, vol. 33, no. 1–2, pp. 7–31, Jan. 2016, doi: 10.1080/0267257X.2016.1217914.
- [42] T. de Vass, H. Shee, and S. Miah, “The effect of ‘Internet of Things’ on supply chain integration and performance: An organisational capability perspective,” *Australas. J. Inf. Syst.*, vol. 22, Jun. 2018, doi: 10.3127/AJIS.V22I0.1734.
- [43] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, “Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, Sep. 2013, doi: 10.1016/J.FUTURE.2013.01.010.
- [44] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, “The Internet of Things: A survey,” *Comput. Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, Oct. 2010, doi: 10.1016/J.COMNET.2010.05.010.
- [45] I. Jezdović, S. Popović, M. Radenković, A. Labus, and Z. Bogdanović, “System for noise measurement in traffic in smart cities,” *Info M*, vol. 17, no. 66, pp. 12–19, 2018.

- [46] B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, and A. Labus, Практикум из интернета интелегентних уређаја. Факултет организационих наука, Београд, Јове Илића 154, 2017.
- [47] X. Yang et al., “A Survey on Smart Agriculture: Development Modes, Technologies, and Security and Privacy Challenges,” *IEEE/CAA J. Autom. Sin.*, vol. 8, no. 2, pp. 273–302, Feb. 2021, doi: 10.1109/JAS.2020.1003536.
- [48] P. Lukovac, M. Simić, and B. Radenković, “IoT system for smart beekeeping,” *E-bus. Technol. Conf. Proc.*, vol. 3, pp. 159–162, 2023, [Online]. Available: <https://www.ebt.rs/journals/index.php/conf-proc/article/view/194>
- [49] L. Xiu, C. Shou, and G. Lei, “Technological Innovation of Agricultural Information Service in the Age of Big Data,” *J. Agric. Sci. Technol.*, vol. 16, no. 4, p. 10, Aug. 2014, doi: 10.13304/J.NYKJDB.2014.363.
- [50] D. Ko, Y. Kwak, and S. Song, “Real time traceability and monitoring system for agricultural products based on wireless sensor network,” *Int. J. Distrib. Sens. Networks*, vol. 2014, 2014, doi: 10.1155/2014/832510.
- [51] F. Alam, R. Mehmood, I. Katib, N. N. Albogami, and A. Albeshri, “Data Fusion and IoT for Smart Ubiquitous Environments: A Survey,” *IEEE Access*, vol. 5, pp. 9533–9554, 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2697839.
- [52] S. Vural and E. Ekici, “On multihop distances in wireless sensor networks with random node locations,” *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 9, no. 4, pp. 540–552, Apr. 2010, doi: 10.1109/TMC.2009.151.
- [53] W. Yu et al., “A Survey on the Edge Computing for the Internet of Things,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 6900–6919, Nov. 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2778504.
- [54] M. S. Mahamud, M. A. Al Rakib, T. M. Faruqi, M. Haque, S. A. Rukaia, and S. Nazmi, “Mouchak-An IoT Basted Smart Beekeeping System Using MQTT,” 2019 4th Int. Conf. Robot. Autom. Eng. ICRAE 2019, pp. 84–88, Nov. 2019, doi: 10.1109/ICRAE48301.2019.9043815.
- [55] E. Ntawuzumunsi, S. Kumaran, and L. Sibomana, “Self-Powered Smart Beehive Monitoring and Control System (SBMaCS),” 2019, doi: 10.3390/s21103522.
- [56] D. W. Fitzgerald, F. Edwards-Murphy, W. M. D. Wright, P. M. Whelan, and E. M. Popovici, “Design and development of a smart weighing scale for beehive monitoring,” 2015 26th Irish Signals Syst. Conf. ISSC 2015, Jul. 2015, doi: 10.1109/ISSC.2015.7163763.
- [57] O. Elijah, T. A. Rahman, I. Orikumhi, C. Y. Leow, and M. N. Hindia, “An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 5, no. 5, pp. 3758–3773, Oct. 2018, doi: 10.1109/JIOT.2018.2844296.
- [58] R. S. Sinha, Y. Wei, and S. H. Hwang, “A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT,” *ICT Express*, vol. 3, no. 1, pp. 14–21, Mar. 2017, doi: 10.1016/J.ICTE.2017.03.004.
- [59] D. of E. and S. A. P. D. United Nations, “World Population Prospects 2024: Summary of Results. UN DESA/POP/2024,” 2024. [Online]. Available: www.unpopulation.org.
- [60] A. Villa-Henriksen, G. T. C. Edwards, L. A. Pesonen, O. Green, and C. A. G. Sørensen, “Internet of Things in arable farming: Implementation, applications, challenges and potential,” *Biosyst. Eng.*, vol. 191, pp. 60–84, Mar. 2020, doi: 10.1016/J.BIOSYSTEMSENG.2019.12.013.
- [61] P. Lukovac, “Pametni sistem za praćenje porekla organskog meda zasnovan na blockchain tehnologijama,” Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, 2022.
- [62] A. S. Rajasekaran, M. Azees, and F. Al-Turjman, “A comprehensive survey on blockchain technology,” *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 52, p. 102039, Aug. 2022, doi: 10.1016/J.SETA.2022.102039.
- [63] M. D. Borah, V. B. Naik, R. Patgiri, A. Bhargav, B. Phukan, and S. G. M. Basani, “Supply Chain Management in Agriculture Using Blockchain and IoT,” pp. 227–242, 2020, doi: 10.1007/978-981-13-8775-3_11.
- [64] S. Balamurugan, A. Ayyasamy, and K. S. Joseph, “IoT-Blockchain driven traceability techniques for improved safety measures in food supply chain,” *Int. J. Inf. Technol.* 2021 142, vol. 14, no. 2, pp. 1087–1098, Jan. 2021, doi: 10.1007/S41870-020-00581-Y.
- [65] Q. Hu, B. Yan, Y. Han, and J. Yu, “An Improved Delegated Proof of Stake Consensus Algorithm,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 187, pp. 341–346, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.PROCS.2021.04.109.
- [66] M. Leslie, “Will Cryptocurrencies Break the Energy Bank?,” *Engineering*, vol. 6, no. 5, pp. 489–490, May 2020, doi: 10.1016/J.ENG.2020.03.011.
- [67] M. Wendl, M. H. Doan, and R. Sassen, “The environmental impact of cryptocurrencies using proof of work and proof of stake consensus algorithms: A systematic review,” *J. Environ. Manage.*, vol. 326, p. 116530, Jan. 2023, doi: 10.1016/J.JENVMAN.2022.116530.
- [68] S. Seth, “All About NEM (XEM), the Harvested Cryptocurrency,” May 20, 2022. <https://www.investopedia.com/tech/meet-nem-xem-harvested-cryptocurrency/> (accessed Sep. 08, 2022).
- [69] M. Simić, “Model elektronskog poslovanja baziran na blokčejn tehnologijama,” Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2023.
- [70] M. Alshaikhli, T. Elfouly, O. Elharrouss, A. Mohamed, and N. Ottakath, “Evolution of Internet of Things from Blockchain to IOTA: A Survey,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 844–866, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3138353.
- [71] S. Tikhomirov, “Ethereum: State of Knowledge and Research Perspectives,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 10723 LNCS, pp. 206–221, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-75650-9_14.
- [72] Z. Bogdanović, A. Labus, D. Barać, M. Despotović-Zrakić, and B. Radenković, “Blockchain Technologies In

- Tracking Organic Honey Production,” in International Scientific conference Sustainable development of rural areas, 2021.
- [73] L. Hang, I. Ullah, and D. H. Kim, “A secure fish farm platform based on blockchain for agriculture data integrity,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 170, p. 105251, Mar. 2020, doi: 10.1016/J.COMPAG.2020.105251.
- [74] S. E. Chang, Y. C. Chen, and M. F. Lu, “Supply chain re-engineering using blockchain technology: A case of smart contract based tracking process,” *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 144, pp. 1–11, Jul. 2019, doi: 10.1016/J.TECHFORE.2019.03.015.
- [75] H. R. Hasan, K. Salah, R. Jayaraman, R. W. Ahmad, I. Yaqoob, and M. Omar, “Blockchain-Based Solution for the Traceability of Spare Parts in Manufacturing,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 100308–100322, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2998159.
- [76] L. Bader, J. C. Burger, R. Matzutt, and K. Wehrle, “Smart Contract-Based Car Insurance Policies,” 2018 IEEE Globecom Work. GC Wkshps 2018 - Proc., Jul. 2018, doi: 10.1109/GLOCOMW.2018.8644136.
- [77] S. Zhao and D. O’Mahony, “BMCprotector: A blockchain and smart contract based application for music copyright protection,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 1–5, Dec. 2018, doi: 10.1145/3301403.3301404.
- [78] M. Cem Aldag, “The Use of Blockchain Technology in Agriculture Zeszyty Naukowe 4 (982),” *Zesz. Nauk. UEK*, vol. 4, no. 982, pp. 7–17, 2019, doi: 10.15678/ZNUEK.2019.0982.0401.
- [79] R. Casado-Vara, J. Prieto, F. De La Prieta, and J. M. Corchado, “How blockchain improves the supply chain: case study alimentary supply chain,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 134, pp. 393–398, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.PROCS.2018.07.193.
- [80] F. Antonucci, S. Figorilli, C. Costa, F. Pallottino, L. Raso, and P. Menesatti, “A review on blockchain applications in the agri-food sector,” *J. Sci. Food Agric.*, vol. 99, no. 14, pp. 6129–6138, Nov. 2019, doi: 10.1002/JSFA.9912.
- [81] V. S. Yadav and A. R. Singh, “Use of blockchain to solve select issues of Indian farmers,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2148, Sep. 2019, doi: 10.1063/1.5123972.
- [82] G. Rathee, M. Balasaraswathi, K. P. Chandran, S. D. Gupta, and C. S. Boopathi, “A secure IoT sensors communication in industry 4.0 using blockchain technology,” *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, vol. 12, no. 1, pp. 533–545, Jan. 2021, doi: 10.1007/S12652-020-02017-8.
- [83] M. A. Ferrag, L. Shu, X. Yang, A. Derhab, and L. Maglaras, “Security and Privacy for Green IoT-Based Agriculture: Review, Blockchain Solutions, and Challenges,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 32031–32053, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2973178.
- [84] M. Srbinovska, C. Gavrovski, V. Dimcev, A. Krkoleva, and V. Borozan, “Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks,” *J. Clean. Prod.*, vol. 88, pp. 297–307, Feb. 2015, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2014.04.036.
- [85] D. Nazarov, A. Nazarov, and E. Kulikova, “Drones in agriculture: analysis of different countries,” in *BIO Web of Conferences* 67, 2023. doi: 10.1051/bioconf/20236702029.
- [86] W. Rafique, L. Qi, I. Yaqoob, M. Imran, R. U. Rasool, and W. Dou, “Complementing IoT Services through Software Defined Networking and Edge Computing: A Comprehensive Survey,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 22, no. 3, pp. 1761–1804, Jul. 2020, doi: 10.1109/COMST.2020.2997475.
- [87] A. Botta, W. De Donato, V. Persico, and A. Pescapé, “Integration of Cloud computing and Internet of Things: A survey,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 56, pp. 684–700, Mar. 2016, doi: 10.1016/J.FUTURE.2015.09.021.
- [88] M. S. Mekala and P. Viswanathan, “CLAY-MIST: IoT-cloud enabled CMM index for smart agriculture monitoring system,” *Measurement*, vol. 134, pp. 236–244, Feb. 2019, doi: 10.1016/J.MEASUREMENT.2018.10.072.
- [89] S. Singh, I. Chana, and R. Buyya, “Agri-Info: Cloud Based Autonomic System for Delivering Agriculture as a Service,” *Internet of Things*, vol. 9, p. 100131, Mar. 2020, doi: 10.1016/J.IOT.2019.100131.
- [90] K. Jha, A. Doshi, P. Patel, and M. Shah, “A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence,” *Artif. Intell. Agric.*, vol. 2, pp. 1–12, Jun. 2019, doi: 10.1016/J.AIIA.2019.05.004.
- [91] A. Rajput and V. B. Kumaravelu, “Fuzzy logic-based distributed clustering protocol to improve energy efficiency and stability of wireless smart sensor networks for farmland monitoring systems,” *Int. J. Commun. Syst.*, vol. 33, no. 4, p. e4239, Mar. 2020, doi: 10.1002/DAC.4239.
- [92] N. D. Stone and T. W. Toman, “A dynamically linked expert-database system for decision support in Texas cotton production,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 4, no. 2, pp. 139–148, Aug. 1989, doi: 10.1016/0168-1699(89)90031-8.
- [93] O. B. Akintuyi, “AI in agriculture: A comparative review of developments in the USA and Africa,” *Open Access Res. J. Sci. Technol.*, vol. 10, no. 2, pp. 060–070, Apr. 2024, doi: 10.53022/OARJST.2024.10.2.0051.
- [94] Europol, “Operation OPSON IX - Analysis Report,” no. January, 2021.
- [95] SPOS, “Record honey export from Serbia in 2020,” 2021.
- [96] N. Plavša and N. Nedić, *PRAKTIKUM IZ PČELARSTVA*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2015.
- [97] D. P. Abrol, “Diversity of pollinating insects visiting litchi flowers (*Litchi chinensis* Sonn.) and path analysis of environmental factors influencing foraging behaviour of four honeybee species,” *J. Apic. Res.*, vol. 45, no. 4, pp. 180–187, 2006, doi: 10.1080/00218839.2006.11101345.

- [98] D. Mayer, C. Johansen, and M. Burgett, *Bee Polonation of Tree Fruits*. A Pacific Northwest Extension Publication, 1986.
- [99] Sepetka, "Izbor mesta za pčelinjak - Gde postaviti košnice za dug i plodan život rojeva." <https://sepetka.rs/izbor-mesta-za-pcelinjak-gde-postaviti-kosnice-za-dug-i-plodan-zivot-rojeva/> (accessed Jul. 03, 2024).
- [100] I. Steffan-Dewenter and A. Kuhn, "Honeybee foraging in differentially structured landscapes," *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 270, no. 1515, pp. 569–575, Mar. 2003, doi: 10.1098/RSPB.2002.2292.
- [101] H. Human, S. W. Nicolson, and V. Dietemann, "Do honeybees, *Apis mellifera scutellata*, regulate humidity in their nest?," *Naturwissenschaften*, vol. 93, no. 8, pp. 397–401, Aug. 2006, doi: 10.1007/S00114-006-0117-Y/METRICS.
- [102] S. Kluser, P. Neumman, M.-P. Chauzat, and S. J. Pettis, "UNEP Emerging Issues: Global Honey Bee Colony Disorder and Other Threats to Insect Pollinators," 2010.
- [103] A. Zaman and A. Dorin, "A framework for better sensor-based beehive health monitoring," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 210, p. 107906, Jul. 2023, doi: 10.1016/J.COMPAG.2023.107906.
- [104] S. Cecchi et al., "Multi-sensor platform for real time measurements of honey bee hive parameters," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 275, no. 1, p. 012016, May 2019, doi: 10.1088/1755-1315/275/1/012016.
- [105] P. Catania and M. Vallone, "Application of A Precision Apiculture System to Monitor Honey Daily Production," *Sensors* 2020, Vol. 20, Page 2012, vol. 20, no. 7, p. 2012, Apr. 2020, doi: 10.3390/S20072012.
- [106] K. Arias-Calluari, T. Colin, T. Latty, M. Myerscough, and E. G. Altmann, "Modelling daily weight variation in honey bee hives," *PLOS Comput. Biol.*, vol. 19, no. 3, Mar. 2023, doi: 10.1371/JOURNAL.PCBI.1010880.
- [107] A. Kamilaris, A. Fonts, and F. X. Prenafeta-Boldó, "The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 91, no. July, pp. 640–652, 2019, doi: 10.1016/j.tifs.2019.07.034.
- [108] M. P. Caro, M. S. Ali, M. Vecchio, and R. Giaffreda, "Blockchain-based traceability in Agri-Food supply chain management: A practical implementation," *2018 IoT Vert. Top. Summit Agric. - Tuscany, IOT Tuscany 2018*, pp. 1–4, Jun. 2018, doi: 10.1109/IOT-TUSCANY.2018.8373021.
- [109] L. Castro-Vázquez, M. S. Pérez-Coello, and M. D. Cabezudo, "Analysis of volatile compounds of rosemary honey. Comparison of different extraction techniques," *Chromatographia*, vol. 57, no. 3–4, pp. 227–233, Feb. 2003, doi: 10.1007/BF02491721/METRICS.
- [110] P. Lukovac, A. Miletić, and B. Radenković, "A System for Tracking Organic Honey Production Using Blockchain Technologies," *Lect. Notes Networks Syst.*, vol. 562 LNNS, pp. 239–254, 2023, doi: 10.1007/978-3-031-18645-5_15/COVER.
- [111] A. Szczurek, M. Maciejewska, B. Bąk, J. Wilk, J. Wilde, and M. Siuda, "Gas Sensor Array and Classifiers as a Means of Varroosis Detection," *Sensors* 2020, Vol. 20, Page 117, vol. 20, no. 1, p. 117, Dec. 2019, doi: 10.3390/S20010117.
- [112] J. Georgy, A. Noureldin, M. J. Korenberg, and M. M. Bayoumi, "Low-cost three-dimensional navigation solution for RISS/GPS integration using mixture particle filter," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 59, no. 2, pp. 599–615, Feb. 2010, doi: 10.1109/TVT.2009.2034267.

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

На основу дефинисаног предмета и циљева истраживања, у докторској дисертацији биће испитане следеће хипотезе:

Х.1 Примена *IoT* и блокчејн технологија у паметној пољопривреди може да допринесе већој транспарентности и интегритету информација о пореклу производа, омогућавајући стејкхолдерима да прате производ кроз комплетан ланац снабдевања.

Х.2 Коришћење *IoT* уређаја за праћење и прикупљање података из ИТ екосистема паметне пољопривреде у реалном времену може унапредити ефикасност и тачност у прикупљању кључних параметара који утичу на квалитет производа.

Х.3 Имплементација блокчејн технологије за чување података о трансакцијама обезбеђује транспарентност података између свих учесника у ланцу снабдевања и смањује ризик од манипулације подацима у паметној пољопривреди.

Х.4 Прикупљање података у реалном времену и управљање подацима у систему, као и адекватан баланс анонимности и транспарентности на блокчејн мрежи могу да повећају спремност стејкхолдера за прихватање система паметне пољопривреде заснованог на *IoT* и блокчејн технологијама.

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Током израде докторске дисертације, од општих научних метода користиће се метода моделирања, методе прикупљања и анализе литературе, хипотетичко-дедуктивна, аналитичко-дедуктивна и статистичка метода. Метода анализе користиће се приликом истраживања теоријских основа паметне пољопривреде, концепата интернета интелигентних уређаја, екосистема електронског пословања, блокчејн технологија. Метода моделирања користиће се за развој модела и методолошког поступка за ИТ екосистем паметне пољопривреде заснован на *IoT* и блокчејн технологијама. Биће коришћене методе моделирања пословних процеса (*BPMN*) за пројектовање модела комуникације и сарадње између стејхолдера, као и за моделовање паметних уговора. Хипотетичко-дедуктивна и аналитичко-дедуктивна метода користиће се за анализу података о досадашњим имплементацијама, о потребама стејхолдера, као и у процесу развоја и евалуације предложеног модела.

У експерименталном делу рада биће извршена евалуација развијеног модела ИТ екосистема паметне пољопривреде. Експеримент ће бити спроведен кроз апликацију за праћење порекла меда, наменски развијену за потребе овог истраживања. Софтверски систем ће бити развијен применом метода пројектовања софтвера и моделовања података. Развијени систем ће омогућити свим стејхолдерима приступ подацима о процесу праћења порекла меда. Добијени резултати експеримента би требало да потврде постављене хипотезе. Апликација ће бити заснована на *IoT* и блокчејн технологијама, у циљу прикупљања података из паметног окружења и обезбеђивања веродостојности података.

Анализа резултата ће бити извршена коришћењем квантитативних и квалитативних метода, укључујући статистичке методе. Резултати истраживања биће представљени текстуално и графички, кроз многобројне слике, дијаграме и табеле са упоредним резултатима.

Предложено истраживање је интердисциплинарно и обухвата научне дисциплине: информатику, рачунарство, електронско пословање, пољопривреду, менаџмент, економију, и друге.

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Најзначајнији допринос овог рада је дефинисање иновативног и ефикасног ИТ екосистема паметне пољопривреде заснованог на *IoT* и блокчејн технологијама, који омогућава отворен приступ информацијама свим заинтересованим странама уз задржавање поверења између директних учесника у процесу.

Очекивани научни допринос подразумева:

- Анализу и систематизацију постојећих ИТ екосистема у контексту паметне пољопривреде
- Развој модела ИТ екосистема паметне пољопривреде заснованог на *IoT* и блокчејн технологијама
- Анализу комуникационих технологија које се користе у паметним окружењима и различитим *IoT* уређајима
- Идентификацију импликација, ограничења и препорука за коришћење ИТ екосистема за паметну пољопривреду заснованог на *IoT* и блокчејн технологијама.

Када је у питању стручни допринос овог рада, очекује се:

- Израда прототипа паметне кошнице
- Преглед и анализа технологија потребних за имплементацију ИТ екосистема паметне пољопривреде заснованог на *IoT* и блокчејн технологијама
- Развој прототипа софтверског система за прикупљање и комбиновање података са сензора коришћењем софтвера за фузију података са сензора
- Развој прототипа софтверског система за пренос података унутар паметних окружења и различитих *IoT* уређаја
- Развој прототипа софтвера за стримовање података са сензора у базу података у облаку
- Развој прототипа софтверског система за стримовање података у блокчејн мрежу и интеграција са паметним уговором.

Друштвени допринос који се очекује од овог истраживања огледа се у могућности решавања различитих друштвених проблема, који укључују:

- унапређење сарадње између директних учесника у пољопривредним процесима
- унапређење поверења између свих стејхолдера повећањем транспарентности и доступности информација о квалитету хране
- унапређење дисеминације информација о IoT и блокчејн технологијама и њиховој примени у различитим ИТ екосистемима електронског пословања.

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

	Фаза	Задатак	Методе, технике, стандарди
1.	Анализа постојећег стања и досадашњих резултата истраживања	- Прикупљање информација и анализа постојећег стања, као и досадашњих резултата истраживања у области IoT и блокчејн технологија - Систематизација резултата досадашњих истраживања и постојећих ИТ екосистема базираних на IoT и блокчејн технологијама	- Претраживање научне литературе - Претраживање индексних база података - Претраживање стручне литературе - Претраживање интернет садржаја - Студије случаја - Компаративна анализа
2.	Развој модела и методолошких поступака у ИТ екосистему паметне пољопривреде заснованом на IoT и блокчејн технологијама	- Моделирање података ИТ екосистема паметне пољопривреде - Моделирање компонената ИТ екосистема паметне пољопривреде заснованог на IoT и блокчејн технологијама - Моделирање процеса ИТ екосистема паметне пољопривреде - Моделирање система за прикупљање података са IoT уређаја, - Моделирање система за унос података и бележење трансакција путем паметних уговора на блокчејн мрежи - Дефинисање модела за интеграцију IoT и блокчејн система у јединствен систем,	- Претраживање стручне и научне литературе - Претраживање интернет ресурса - Опште методе моделирања - Методе моделирања података - Методе моделовања пословних модела, <i>business model canvas</i> - Методе моделовања пословних процеса - Методе моделирања паметних окружења - Методе моделовања паметних уговора
3.	Развој прототипа хардверског и софтверског система ИТ екосистема паметне пољопривреде заснованог на IoT и блокчејн технологијама	- Дефинисање захтева софтверског система паметне пољопривреде заснованом на IoT и блокчејн технологијама - Развој модела случајева коришћења. - Анализа и пројектовање софтверског система - Развој компонената система за прикупљање података из окружења коришћењем IoT уређаја - Развој компонената система за унос података и бележење трансакција путем паметних уговора на блокчејн мрежи - Развој компонената за интеграцију IoT и блокчејн компонената у јединствен систем - Развој корисничког интерфејса - Тестирање и верификација софтверских компонената	- Методе пројектовања софтвера. - Методе развоја и тестирања софтвера. - <i>Python</i> програмски језик - <i>JavaScript</i> и <i>TypeScript</i> скриптни језици - Веб сервиси, <i>REST</i> - Блокчејн платформа

4.	Планирање експеримента у изабраном лабораторијском окружењу	- Дефинисање циља студије - Испитивање станишта, биофлоре - Идентификација система, - Прикупљање и анализа улазних података о паметном окружењу - Моделирање кључних индикатора перформанси паметног окружења - Моделирање мрежног система за прикупљање података из паметног окружења - Верификација експеримента - Валидација креираних модела	- Сензори за мерење параметара паметног окружења - Актуатори за извршење управљачких акција
5.	Спровођење експеримента и анализа резултата	- Спровођење експеримента - Мерење параметара паметног окружења коришћењем <i>IoT</i> уређаја - Извршење управљачких акција у паметном окружењу - Тестирање мрежног система за прикупљање података из паметног окружења - Обрада резултата - Анализа перформанси	- Експеримент - Методе за асимилацију података - Статистичке методе
6.	Анализа спремности стејхолдера за коришћење система за паметну пољопривреду заснованог на <i>IoT</i> и бокчејн технологијама	- Истраживање спремности крајњих корисника да прихвате предложени систем - Анализа резултата примене и корективне мере	- Анкетирање - <i>UTAUT, UTAUT2</i> - Статистичке методе - <i>PLS-SEM, SmartPLS</i>
7.	Закључак	- Анализа предности и недостатака предложеног решења - Евалуација предложених модела и развијеног софтвера са аспекта, перформанси, скалабилности, ефикасности и примењивости - Предлог будућег истраживања	- Анализа - Синтеза

ФАЗА	МЕСЕЦ											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												

Оквирни предлог садржаја дисертације

- 1 Увод
 - 1.1 Дефинисање предмета истраживања
 - 1.2 Дефинисање циљева истраживања
 - 1.3 Полазне хипотезе
 - 1.4 Методологија истраживања
- 2 Паметни екосистеми

- 2.1 Појам паметних екосистема
- 2.2 Врсте и карактеристике паметних екосистема
- 2.3 Савремени примери паметних екосистема
- 2.4 Паметна пољопривреда
- 2.5 Технологије за изградњу паметних ИТ екосистема
- 2.6 Имплементација паметних ИТ екосистема
- 3 *IoT* технологије
 - 3.1 Концепти *IoT* технологије
 - 3.2 Паметна окружења
 - 3.3 Прикупљање података из паметних окружења
 - 3.4 Мрежна инфраструктура за прикупљање података из паметних окружења
 - 3.5 Примена *IoT* технологија у паметној пољопривреди
- 4 Блокчејн технологија
 - 4.1 Концепти блокчејн технологије
 - 4.2 Консензус алгоритми
 - 4.3 Анализа различитих блокчејн платформи
 - 4.4 Паметни уговори
 - 4.5 Анализа примене паметних уговора у паметној пољопривреди
- 5 Паметна пољопривреда
 - 5.1 Архитектура и компоненте екосистема паметне пољопривреде
 - 5.2 Хардверске компоненте система за паметну пољопривреду
 - 5.3 Софтверски системи за паметну пољопривреду
 - 5.4 *Cloud computing* инфраструктура у контексту паметне пољопривреде
 - 5.5 Вештачка интелигенција у паметној пољопривреди
 - 5.6 Интеграција хардверских и софтверских технологија у систему паметне пољопривреде
- 6 Развој модела и методолошког поступка за ИТ екосистем паметне пољопривреде заснован на *IoT* и блокчејн технологијама
 - 6.1 Анализа постојећих приступа интеграције *IoT* и блокчејн технологија у јединствен систем
 - 6.2 Анализа интеграције *IoT* и блокчејн технологија у паметној пољопривреди
 - 6.3 Модел ИТ екосистема паметне пољопривреде
 - 6.3.1 Пројектни захтеви
 - 6.3.2 Основна структура предложеног модела
 - 6.3.3 Прикупљање података из система
 - 6.3.4 Слање и интеграција података
 - 6.3.5 Бележење трансакција путем паметног уговора
 - 6.3.6 Проширени модел предложеног система
- 7 Развој прототипа софтверског система за паметну пољопривреду заснованог на *IoT* и блокчејн технологијама
 - 7.1 Анализа стејкхолдера
 - 7.2 Развој пословног модела
 - 7.3 Пројектовање пословних процеса
 - 7.3.1 Развој модела пословних процеса
 - 7.4 Пројектовање софтверских компонената
 - 7.5 Развој прототипа система за прикупљање података из окружења паметне пољопривреде
 - 7.6 Развој паметних уговора између стејкхолдера у паметној пољопривреди
 - 7.7 Интеграција паметног система и паметних уговора у јединствен систем
 - 7.8 Развој корисничке апликације за приступ сервисима паметне пољопривреде
- 8 Испитивање спремности стејкхолдера за коришћење предложеног система паметне пољопривреде
 - 8.1 Модели оцене прихватања нових технологија – преглед литературе
 - 8.2 Методолошки оквир истраживања
 - 8.3 Учесници
 - 8.4 Инструменти
 - 8.5 Анализа резултата и дискусија
- 9 Научни и стручни допринос
- 10 Будућа истраживања
- 11 Закључак
- 12 Литература

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Из изложеног се може закључити да кандидат Петар Луковац испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању за одобрење израде докторске дисертације под насловом „ИТ екосистем паметне пољопривреде заснован на *IoT* и блокчејн технологијама“. Кандидат Петар Луковац поседује неопходна знања из информационих система и технологија, електронског пословања, *IoT* и блокчејн технологија, паметних окружења за успешан рад на докторској дисертацији. Тема припада ужој научној области Електронско пословање, мултидисциплинарна је и актуелна.

У дисертацији ће бити извршен преглед различитих екосистема паметне пољопривреде, концепти *IoT* и блокчејн технологија, као и њихова примена у контексту паметне пољопривреде. Биће развијен модел ИТ екосистема паметне пољопривреде на примеру производње меда. Биће приказана анализа кључних параметара приликом процеса производње меда и предложен систем за прикупљање података о производњи меда и његовом кретању кроз ланац снабдевања. Биће анализирани потребне хардверске и пројектоване софтверске компоненте система, и њихова интеграција у прототип система. Биће спроведен експеримент над развијеним системом и извршена анализа резултата. Такође, биће испитана спремност стејкхолдера за усвајање и одрживу примену предложеног модела. Резултати истраживања докторске дисертације биће објављени у часописима од међународног и националног значаја, као и презентовани на националним и међународним конференцијама.

На основу свега наведеног, комисија предлаже Наставно-научном већу ФОН-а да прихвати предложену тему и одобри израду пријављене докторске дисертације кандидата Петра Луковца под називом „ИТ екосистем паметне пољопривреде заснован на *IoT* и блокчејн технологијама“. За ментора докторске дисертације предлаже се др Маријана Деспотовић-Зракић, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитета у Београду.

У Београду, 14.10.2024.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

др Маријана Деспотовић-Зракић, редовни професор
Универзитет у Београду - Факултет организационих наука

др Зорица Богдановић, редовни професор
Универзитет у Београду – Факултет организационих наука

др Саша Лазаревић, редовни професор
Универзитет у Београду - Факултет организационих наука

др Милош Милић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Факултет организационих наука

др Милан Јоцковић, виши научни сарадник
Института за ратарство и повртарство у Новом Саду