

UNIVERZITET U BEOGRADU

Fakultet organizacionih nauka

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Podobnost teme i kandidata Tamare Naumović za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavnog naučnog veća od 26.12.2024. broj 05-01 br. 3/129-3 godine imenovani smo za članove Komisije za ocenu teme i podobnosti kandidata **Tamare Naumović** za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „Upravljanje mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju zasnovano na blokčejn tehnologijama“.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

R E F E R A T

1. PODACI O KANDIDATU

1.1. BIOGRAFSKI PODACI

Tamara Naumović rođena je 28.01.1994. godine u Kraljevu. Osnovnu i srednju školu završila je u Kraljevu. Diplomirala je na Fakultetu organizacionih nauka (smer Informacioni sistemi i tehnologije) 2017. godine sa prosečnom ocenom 9.07. Odbranila je diplomski rad pod nazivom: “Razvoj veb platforme za oglašavanje poslova” sa ocenom 10 (deset).

Master akademske studije, studijski program Elektronsko poslovanje i upravljanje sistemima, upisala je na Fakultetu organizacionih nauka 2017. godine, a završni master rad pod nazivom “Softverski okvir za upravljanje IoT uređajima u realnom vremenu” odbranila u septembru 2018. godine, sa prosečnom ocenom 10.

Trenutno je student treće godine doktorskih studija na studijskom programu Informacioni sistemi i kvantitativni menadžment. Položila je svih devet, programom predviđenih, ispita na doktorskim studijama sa prosečnom ocenom 10.

Tokom studija bila je aktivni član Udruženja studenata informatike FONIS kao predsednica, članica upravnog odbora i koordinatorka mnogobrojnih lokalnih, nacionalnih i međunarodnih projekata, trenutno kao član Nadzornog odbora.

Tokom školske 2015/16 angažovana je na Fakultetu organizacionih nauka kao saradnik van radnog odnosa – demonstrator za užu naučnu oblast Elektronsko poslovanje. Godine 2018. izabrana je za saradnika van radnog odnosa, a 2019. za asistenta za užu naučnu oblast Elektronsko poslovanje. Učestvuje u izvođenju

vežbi na svim predmetima osnovnih i master akademskih studija u okviru Katedre za elektronsko poslovanje.

Od školske 2017/18 do danas učestvovala je na projektima Katedre za elektronsko poslovanje kao što su:

- Letnja škola – Tehnologije elektronskog poslovanja i Veb3 obuka, kao predavač na više kurseva u oblasti razvoja veb aplikacija, pametnih okruženja, *big data* analize podatak, blokčejn decentralizovanih aplikacija, i dr., 2018-2024.godine
- Konferencija – Tehnologije elektronskog poslovanja, kao deo organizacionog odbora, 2021-2023.godine
- UF Blokčejn – projekat međunarodne saradnje sa Univerzitetom u Floridi u oblasti blokčejna, kao junior menadžer projekta i član organizacionog odbora blokčejn hakatona, kao i gostujući predavač na Univerzitetu u Floridi u okviru master programa „Veb3 i preduzetništvo“, 2022-2024.godine
- D-PBL– projekat međunarodne saradnje u oblasti unapređenje učenja zasnovanog na projektima u digitalnoj eri u okviru Erasmus+ programa KA220-HED – Cooperation partnerships in higher education, 2022-2024.godine
- Prekvalifikacije za IT – projekat Vlade Republike Srbije u partnerstvu sa Ministarstvom za rad, zapošljavanje, boračka i socijalna pitanja, u saradnji sa Razvojnim programom Ujedinjenih nacija (UNDP) – kao predavač, 2022-2023.godine
- Web3 Inovation HUB - projekat međunarodne saradnje u okviru Erasmus programa EDU-2024-CBHE, koji ima za cilj da unapredi kapacitete za inovacije i preduzetništvo u regionu Zapadnog Balkana kroz razvoj veština u oblasti Web3 tehnologija i preduzetništva, podsticanjem zelenih blokčejn rešenja i decentralizovanih naučnih zajednica.
- Instaliranje Mudrl platforme i održavanje sistema – projekat Komesarijata za izbeglice i migracije, kao edukator, 2021.godine

Tečno govori engleski jezik, a služi se francuskim, španskim i ruskim.

1.2. STEČENO NAUČNOISTRAŽIVAČKO ISKUSTVO

U nastavku će biti prikazane naučnoistraživačke aktivnosti kandidatkinje. One obuhvataju radove objavljene na konferencijama i u časopisima, od godine upisa doktorskih studija, i pregled položenih ispita.

Pregled objavljenih radova

Tokom dosadašnjeg rada Tamara Naumović je objavila više radova u zemlji i inostranstvu i učestvovala na više međunarodnih i domaćih skupova i konferencija.

Poglavlja u monografiji međunarodnog značaja (M10):

1. M. Radenković, S. Popović, M. Despotović-Zrakić, **T. Naumović**, S. Lazarević "IoT and Big Data Infrastructure for Smart Demand Responses Services" (2022). In P. Kočović. Internet of Things and Data Science. School for Information Technology and Engineering, University Union "Nikola Tesla" Beograd, (pp. 175-196). ISBN 978-86-81400-66-1. Vol 100, M14

Radovi u časopisima međunarodnog značaja (M20):

1. Maletić, M., Barać, D., **Naumović, T.**, Bogdanović, Z., & Radenković, B. (2019). Blending Crowdvoting in Modern e-Learning Environments. The International Review of Research in Open and Distance Learning, 20(2). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v20i2.3795> ISSN: 1492-3831, if 2019 2.887, M21.
2. Maletić, M., Barać, D., Rakočević, V., **Naumović, T.**, & Bjelica, A. (2019). Scaffolding e-voting in developing countries. Management:Journal Of Sustainable Business And Management Solutions In Emerging Economies, doi:10.7595/management.fon.2019.0006, M24.
3. Stojanović, T., Lazarević, S.D., Radenković, M., **Naumović, T.** and Miletić, A., 2024. Assessing the adoption and utilization of blockchain technology among software developers. Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics, 37(1), pp.075-091. ESCI M24

Radovi saopšteni na skupu međunarodnog značaja štampani u celini (M30):

1. **T. Naumović**, S. Milovanović, S. Mitrović, Development of an e-recruitment portal using MEAN stack technologies, XVI Međunarodni simpozijum SymOrg 2018, Zlatibor, Jun 2018, M33
2. B. Lasković, Z. Bogdanović, **T. Naumović**, M. Despotović-Zrakić, B. Radenković, Social Network Analysis in e-Education, Proceedings of the 13th International Conference on Virtual Learning, ICVL 2018, October 26-27, Alba Iulia, Romania, ISSN: 1844-8933, M33.
3. T. Vasiljević; Z. Bogdanović; B. Rodić; **T. Naumović**; A. Labus, Designing Iot Infrastructure For Neuromarketing Research, WorldCIST 2019, M33
4. Bogdanović, Z., Despotović-Zrakić, M., Naumović, T., Živojinović, L., & Bjelica, A. (2019, March). Inducing creativity in engineering education: a crowdvoting approach. In 2019 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH) (pp. 1-4). IEEE, M33
5. B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, D. Barać, **T. Naumović**, L. Živojinović, Designing e-learning infrastructure for modern it education, Modern science: current problems and development prospects (Sovremennaya nauka: aktualnye problemy i perspektivy razvitiya), 08-14 May 2019, Njižni Novgorod
6. **T. Naumović**, L. Živojinović, L. Baljak, F. Filipović, Development of a Software Framework for Real – Time Management of Intelligent Devices, Proceedings of the Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences (Proceedings of ISP RAS), Vol. 31 No. 3 (2019), pp. 35-46 Saratov, ISSN: 2220-6426, [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2019-31\(3\)-3](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2019-31(3)-3)
7. L.Baljak, N.Bojkovic, A.Labus, **T.Naumovic**, A.Maksimovic. A System for Mobile Crowdsensing Vibration in Public Transportation, International Conference on Artificial Intelligence: Applications and Innovations, oktobar 2019, pp. 30-34. Vrdnik, Srbija, ISBN: 978-1-7281-4327-9, <https://www.proceedings.com/53093.html>.
8. D.Stojanović, Z.Bogdanović, M.Despotović-Zrakić, **T.Naumović**, M.Radenković, An approach to using Instagram in secondary education, International Conference on Virtual Learning ICVL 2019, Bukurešt, Rumunija, ISSN: 1844-8933, pp. 247-253. Bucharest, Romania, 26-27 October 2019
9. F. Filipović, L. Baljak, **T. Naumović**, A. Labus, Z. Bogdanović, Developing a web application for recognizing emotions in neuromarketing, Editors: Howlett, Robert, Jain, Lakhmi C. Smart Innovation, Systems and Technologies, ICMarTech'19 - The 2019 International Conference on Marketing and Technologies, ISSN: 2190-3018, 27 - 29 November 2019 Porto
10. Radenković, M., Bogdanović, Z., Despotović-Zrakić, M., Labus, A., Barać, D., & **Naumović, T.** (2020, April). An IoT Approach to Consumer Involvement in Smart Grid Services: A Green Perspective. In World Conference on Information Systems and Technologies (pp. 539-548). Springer, Cham.
11. B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, A. Labus and **T. Naumović**, "A distributed IoT system for modelling dynamics in smart environments" 2020 International Conference Engineering Technologies and Computer Science (EnT), Moscow, Russia, 2020, pp. 47-53, doi: 10.1109/EnT48576.2020.00015. M31
12. **T. Naumovic**, M. Despotovic-Zrakić, B. Radenkovic, L. Zivojinovic and I. Jezdovic. Development of a Continuous System Simulation Engine in Python Programing Language. (2020). 19th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH), East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina. pp. 1-5. <https://doi.org/10.1109/INFOTEH48170.2020.9066334>. ISBN: 978-1-7281-4775-8
13. Radenković, B., Bjelica, A., Despotović-Zrakić, M., Bogdanović, Z., Barać, D. Labus, A., **T. Naumović** (2020). Modern communication models with stakeholders in healthcare ecosystems. In D. Bećirović, H. Delić (Eds.). Book of Proceedings 3rd International Scientific Conference on Digital Economy (pp 29-39). Tuzla: Visoka škola” Internacionalna poslovno-informaciona akademija”, DIEC 2020, M31
14. Z.Bogdanović, A.Labus, D.Barać, **T. Naumović**, B.Radenković (2020) Challenging E-Learning in Higher Education via Instagram, ICMarTech'20 - The 2020 International Conference on Marketing and

Technologies, 8-10 October, Lisbon 2020. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4183-8_38, Springer Nature, M33

15. J. Mihajlović-Milićević, **T. Naumović**, S. Mitrović. Project-based e-learning in virtual teams. XVII International Symposium Business and Artificial Intelligence, SYMORG Belgrade, September 7-9, 2020, pp. 528-534. ISBN 978-86-7680-385-9
16. M. Milošević, **T. Naumović**, L. Živojinović. An application of instagram in higher education. XVII International Symposium Business and Artificial Intelligence, SYMORG Belgrade, September 7-9, 2020, pp. 497-504. ISBN 978-86-7680-385-9
17. Živojinović, L., Ćurčić, N., & **Naumović, T.** (2021). Instagram as a collaborative e-learning tool in higher education. E-Business Technologies Conference Proceedings, 109–113. Belgrade 10-11 June 2021, Retrieved from <https://ebt.rs/journals/index.php/conf-proc/article/view/87>, M33
18. T. Embaye, Z. Bogdanović, D. Barać, **T. Naumović**, B. Radenković (2021) Employing Trait Emotional Intelligence in an Adaptive E-learning Environment, The 2021 International Conference on Marketing and Technologies ICMarTech '21, 2-4 December, Tenerife, Spain, 2021, ISSN 2190-3026, pp. 75-86, M33
19. **Naumović, T.**, Vajagić B., Cvetković L., & Proročić M. (2022). Open innovations and the role of hackathons. E-Business Technologies Conference, ISBN 978-86-7680-414-6, <https://ebt.rs/wp-content/uploads/2022/06/Proceedings-2022-EBT.pdf>, M33,.
20. Šljukić, M., Labus, A., Despotović-Zrakić, M., **Naumović, T.**, Bogdanović, Z. (2023) Model for Municipality Buildings Renting Auction on Algorand blockchain, in J.L. Reis, M.K. Peter, J.A. Varela Gonzales, Z. Bogdanović, Marketing and Smart Technologies, Proceedings of ICMarTech 2022, Springer
21. Miletić, A., Despotović-Zrakić, Bogdanović, Z., Radenković, M. & **Naumović, T.** A prototype of the crowdsensing system for pollution monitoring in a smart city based on data streaming, WorldCIST'23 - 11th World Conference on Information Systems and Technologies, 4-6. april 2023., Pisa, Italy. <https://worldcist.org/>, M33
22. Vrljanac, M., Šikman, K., Simić, M., **Naumović, T.**, & Despotović-Zrakić, M. (2023, June). Application of 3D Modeling in the Fashion Industry. In *E-business technologies conference proceedings* (Vol. 3, No. 1, pp. 176-184). Retrieved from: <https://www.ebt.rs/journals/index.php/conf-proc/article/view/172/140> M33
23. Milićević, A., Despotović-Zrakić, M., **Naumović, T.**, Suvajdžić, M., & Radenković, B. (2023, June). Measuring the performance of the innovative potential of the academy on the example of Algorand WEB 3.0 hackathon. In *E-business technologies conference proceedings* (Vol. 3, No. 1, pp. 217-223). Retrieved from: <https://www.ebt.rs/journals/index.php/conf-proc/article/view/195/145> . M33
24. Simić, M., Despotović, V., Suvajdžić, M., **Naumović, T.**, Bogdanović, Z. (2023). An E-business Model for the Fashion Industry Based on Blockchain Technologies and NFTs. In Marketing and Smart Technologies: Proceedings of ICMarTech 2023, Volume 1, November 30 – December 02 2023, Prague, Czech Republic, Springer. M33
25. N. Raičević, A. Jovanović and **T. Naumović**. Comparative Analysis Of Technologies For Mobile Application Development. IX International Symposium Business and Artificial Intelligence, SYMORG Belgrade, June, 2024, pp. 449-456. ISBN 978-86-7680-464-1 <https://symorg.fon.bg.ac.rs/2024/07/09/symorg-2024-conference-proceedings/>
26. **T. Naumović**, D.Stojanović and M.Durković. The Role Of Digital Twins In Vertical E-Business Applications. IX International Symposium Business and Artificial Intelligence, SYMORG Belgrade, June, 2024, pp. 508-513. ISBN 978-86-7680-464-1 <https://symorg.fon.bg.ac.rs/2024/07/09/symorg-2024-conference-proceedings/>
27. Joksimović, A., Lukovac, P., Despotović-Zrakić, M., Durković, M., & **Naumović, T.** (2024) Applications of Drones in Smart Agriculture, ICMarTech2024, December 5th–7th, São Miguel Island, Azores, Portugal, 2024. accepted for publication, M33
28. **T. Naumović**, P. Lukovac, V. Despotović, D. Barać. Building a digital business ecosystem in a food industry. Excellence in Services 27th International Conference. Bergamo, Italy, 29-30 Aug, 2024.

<https://sites.les.univr.it/eisic/wp-content/uploads/2024/10/NAUMOVIC-T.-LUKOVAC-P.-DESPOTOVIC-V.-DUSAN-D.pdf>

29. A. Joksimović, P. Lukovac, **T. Naumović**. Automated Network Security Testing in IoT Environments. 11th UCAAT - User Conference on Advanced Automated Testing. Thessaloniki, Greece, 1-3 April, 2025. (prihvaćeno za objavljivanje)

Radovi saopšteni na skupu međunarodnog značaja štampani u izvodu (M34):

1. **T. Naumović**, B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, D. Barać, A. Labus, A framework for real-time management of intelligent devices: an educational perspective, International Conference on New Horizons in Education, Proceedings Book Volume 1, pp 33-34, Paris, July 18-20 2018, ISSN: 2146 – 7358 (štampano u apstraktu)

Radovi objavljeni u časopisima međunarodnog značaja koji nisu na SCI listi (M50):

1. S. Milovanović, Z. Bogdanović, **T. Naumović**, D. Barać, M. Despotović-Zrakić, Analiza Firebase platforme u razvoju mobilnih aplikacija, InfoM, vol. 65/2018, str. 17-25, Beograd 2018, ISSN 1451-4397, UDC 659.25, M52
2. T. Tahirović, **T. Naumović**, L. Živojinović, Z. Bogdanović, M. Despotović-Zrakić, Designing augmented reality services for e-business: a project management perspective, European Project Management Journal, Volume 8, Issue 2, December 2018, M52
3. L. Živojinović, **T. Naumović**, D. Barać, M. Despotović-Zrakić, An Application of Agent Based Simulation in E-education, IPSI Transactions on Advanced Research, Volume 15, Number 1, pp 24-29, ISSN 1820 – 4511, January 2019, M53
4. J. Mihajlović Miličević, F. Filipović, I. Jezdović, **T. Naumović**, M. Radenković, Scrum agile framework in E-Business project management: An approach to teaching scrum, European Project Management Journal, vol. 9, num. 1, pp. 52-60, ISSN 2560-4961, September 2019., M52.
5. **T. Naumović**, L. Živojinović, L. Baljak, F. Filipović, Development of a Software Framework for Real – Time Management of Intelligent Devices, Proceedings of the Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences (Proceedings of ISP RAS), Vol. 31 No. 3 (2019), pp. 35-46 Saratov, ISSN: 2220-6426, [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2019-31\(3\)-3](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2019-31(3)-3)
6. Miletić, A., Lukovac, P., **Naumović, T.**, Stojanović, D., & Labus, A. (2023). A Data Streaming Architecture for Air Quality Monitoring in Smart Cities. Athens Journal of Technology and Engineering, 10(4), 215-226. <https://doi.org/10.30958/ajte.10-4-2.>, M50
7. B. Avramović, **T. Naumović**, D. Kostić, M. Jolović, V. Despotović (2025). Blockchain Technology and Decentralized Finance: Theory and Practice in Cryptocurrency Creation. REVIZOR * Časopis Za Upravljanje Organizacijama, Finansije I Reviziju. (prihvaćeno za objavljivanje)

Radovi u zbornicima nacionalnih skupova štampani u celini (M60):

1. K. Đorđević, **T. Naumović**, L. Živojinović, M. Despotović-Zrakić, C2C Modeli elektronskog poslovanja: Primer portala za pronalaženje pasa, Yuinfo 2018, Kopaonik, Mart 2018, M63
2. A. Labus, B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, **T. Naumović**, Trendovi u razvoju pametnih obrazovnih okruženja, Prva međunarodna naučna konferencija o digitalnoj ekonomiji DIEC 2018, 11. maj 2018., rad po pozivu, Tuzla, BIH, M61.
3. Z. Bogdanović, B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, D. Barać, A. Labus, **T. Naumović**, Blockchain technologies: current state and perspectives, Druga međunarodna naučna konferencija o digitalnoj ekonomiji DIEC 2019, april 2019, Tuzla, BIH, ISSN 2566 – 4522, M61
4. B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, A. Labus and **T. Naumović**, (2021) A blockchain system for monitoring food supply chain, International Scientific conference Sustainable development of rural areas, 18-19 March 2021, Knyaginino, Russia, <http://ngieu.ru/keynote-speakers/>

5. D. Bjelica, A.Bjelica, M.Despotović-Zrakić, D-Barać, **T.Naumović**, Users' Acceptance of a Mobile Application to Follow the Course of Pregnancy 4. Međunarodna konferencija o digitalnoj ekonomiji DIEC 2021, 27.08.2021, Tuzla, BiH, M63
6. Veličković, J., Despotović-Zrakić, M., **Naumović, T.**, Simić, M., & Savićević, M. (2023). Razvoj vizuelnog identiteta podkasta visokoškolske obrazovne ustanove. XIV Skup privrednika i naučnika, SPIN '23, Fakultet organizacionih nauka, 06-07. novembar 2023., Beograd., M63
7. D. Kostić, M. Jolović, A. Joksimović, **T. Naumović**, P. Lukovac, Analiza uticaja FONIS hakatona na razvoj karijere studenata, Yuinfo 2025, Kopaonik, Mart 2025, M63

Pregled položenih ispita

Sledi spisak položenih predmeta na doktorskim studijama sa ocenama i ESPB bodovima:

Nazivi predmeta	Ocena	ESPB
Računarska simulacija i virtuelna realnost	10 (deset)	10
Napredne cloud infrastrukture i servisi	10 (deset)	10
Big data infrastruktura i servisi	10 (deset)	10
Internet inteligentnih uređaja - odabrana poglavlja	10 (deset)	10
Internet tehnologije - odabrana poglavlja	10 (deset)	10
Razvoj aplikacije elektronskog poslovanja	10 (deset)	10
Elektronsko poslovanje - odabrana poglavlja	10 (deset)	10
Internet marketing i društveni mediji - odabrana poglavlja	10 (deset)	10
E-obrazovanje - odabrana poglavlja	10 (deset)	10

Pregled nastavnih aktivnosti

Tokom školske 2015/16 kandidatkinja Tamara Naumović angažovana je na Fakultetu organizacionih nauka kao saradnik van radnog odnosa – demonstrator za užu naučnu oblast Elektronsko poslovanje.

Godine 2018. izabrana je za saradnika u nastavi, a 2019. za asistenta za užu naučnu oblast Elektronsko poslovanje. Angažovana je na predmetima osnovnih akademskih studija:

- **Akreditacija 2014:** Elektronsko poslovanje, E-obrazovanje, Internet tehnologije, Simulacija i simulacioni jezici, Mobilno poslovanje, Konkurentno programiranje Internet marketing, Internet inteligentnih uređaja i Upravljanje rizikom u e-poslovanju
- **Akreditacija 2022:** Elektronsko poslovanje, Klijentske veb tehnologije i skriptni jezici, Cloud infrastruktura i servisi, Serverske veb tehnologije, E-obrazovanja

i predmetima master akademskih studija:

- **Akreditacija 2014:** Izabrana poglavlja iz elektronskog poslovanja, Internet marketing i društveni mediji, Upravljanje rizikom u elektronskom poslovanju, Elektronsko obrazovanje, Poslovna inteligencija u elektronskom poslovanju - odabrana poglavlja, E-zdravstvo - odabrana poglavlja, Big data u elektronskom poslovanju, Internet tehnologije i sistemi, Tehnologije mobilnog poslovanja, Izabrana poglavlja iz interneta inteligentnih uređaja, Cloud infrastruktura i servisi
- **Akreditacija 2022:** Ekosistemi elektronskog poslovanja, Tehnologije digitalnog marketinga, Elektronsko obrazovanje, Razvoj naprednih aplikacija elektronskog poslovanja, Napredne cloud infrastrukture i servisi, Tehnologije mobilnog poslovanja, Pametna okruženja, Blockchain u elektronskom poslovanju, Poslovna inteligencija i big data u elektronskom poslovanju.

1.3. OCENA PODOBNOSTI KANDIDATA ZA RAD NA PREDLOŽENOJ TEMI

Uzimajući u obzir:

- rezultate ostvarene tokom dosadašnjeg obrazovanja;
- rezultate istraživanja koji su publikovani na naučno-stručnim konferencijama i u časopisima na temu elektronskog poslovanja, informacionih sistema i tehnologija, internet tehnologija, blokčejn tehnologija i elektronskog obrazovanja, koja su publikovana na naučno-stručnim konferencijama i u časopisima;

zaključuje se da je Tamara Naumović u potpunosti kvalifikovana da temu doktorske disertacije samostalno istražuje i pruži naučno-stručne doprinose u toj oblasti.

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Predmet istraživanja doktorske disertacije je upravljanje mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju zasnovano na blokčejn tehnologijama. Centralni problem koji se razmatra u doktorskoj disertaciji je ispitivanje mogućnosti primene veb3 i specifično blokčejn tehnologija za praćenje kompetencija studenata i upravljanje mikrokredencijalima stečenim tokom visokoškolskog obrazovanja kroz formalne i neformalne procese obrazovanja.

Mikrokredencijali predstavljaju inovativno rešenje koje odgovara na savremene izazove u obrazovanju i tržištu rada, omogućavajući studentima da steknu, evidentiraju i verifikuju specifične kompetencije stečene kroz formalno i neformalno učenje. U kontekstu ovog istraživanja, mikrokredencijali su ključni za izgradnju sistema koji obezbeđuje validnost, prenosivost i prepoznatljivost stečenih veština, posebno u eri digitalne transformacije i zahteva za kontinuiranim obrazovanjem. Tradicionalne diplome i sertifikati često ne uspevaju da obuhvate sve relevantne kompetencije studenata, dok mikrokredencijali pružaju fleksibilniji i brži način za dokumentovanje znanja i veština. Njihova primena omogućava lakšu integraciju sa postojećim obrazovnim i profesionalnim okvirima, čime se doprinosi boljem prepoznavanju kvalifikacija i unapređenju zapošljivosti.

Uvođenjem blokčejn tehnologije u sistem upravljanja mikrokredencijalima dodatno se osigurava transparentnost, bezbednost i autentičnost ovih digitalnih zapisa, čime se eliminišu izazovi vezani za verifikaciju i priznavanje sertifikata. Ovaj pristup ne samo da unapređuje upravljanje kompetencijama, već i podstiče institucionalnu saradnju, omogućavajući povezivanje visokoškolskih ustanova, poslodavaca i studenata u jedan integrisani ekosistem za doživotno učenje i profesionalni razvoj.

Nedavna tehnološka dostignuća, kao i efekti i ograničenja koje je uveo *Covid-19* otvorili su mogućnosti za usvajanje savremenih obrazovnih metoda koje pružaju veću dostupnost studentima i priliku nastavnom osoblju da dopru do šire publike [1]–[3]. Ovako isporučen sadržaj fokusirao se na specifične veštine ili teme. Dodatno, polaznici koji završe program, formalnog ili neformalnog procesa obrazovanja, mogu da dobiju sertifikat od instruktora ili visokoškolske ustanove, ali priznanje i prihvatanje ovih sertifikacija na tržištu rada je nepostojeće ili sa velikim otporom [4]–[6].

Da bi se stvorio način da ove sertifikacije dobiju priznanje, Savet Evropske Unije je 16. juna 2022. dostavio preporuku za mikrokredencijale za doživotno učenje i zapošljivost [7]. Ključne tačke ove preporuke uključuju:

- Zahteve za kontinualnim obrazovanjem: Sa ubrzanim procesima digitalne i zelene transformacije, raste potreba da pojedinci stiču i unapređuju svoje kompetencije tokom celokupnog radnog veka. Ovaj kontekst nameće potrebu za inovativnim pristupima koji omogućavaju kontinualno usavršavanje.

- Definisanje koncepta mikrokredencijala: Mikrokredencijali predstavljaju evidenciju o ishodima učenja koje je student stekao u okviru nekog studijskog programa, formalnog ili neformalnog procesa obrazovanja. Bez zamene tradicionalnih kvalifikacija. Oni pružaju fleksibilnost i odgovaraju na novonastale zahteve u društvenom i profesionalnom domenu.
- Ciljeve i politike Evropske Unije: Ova preporuka korespondira sa Evropskim stubom socijalnih prava (eng. *European Pillar of Social Rights - EPSR*) [8] i teži ostvarenju cilja da do 2030. godine 60% odraslih učestvuje u programima obuke svake godine, osiguravajući kvalitet i transparentnost mikrokredencijala na nivou čitavog evropskog prostora.
- Podsticanje institucionalne saradnje: Preporuka poziva na saradnju između visokoškolskih ustanova, ustanova za stručno obrazovanje i drugih pružalaca obrazovnih programa.

Ovaj pristup nastoji da uspostavi koordinisani okvir koji gradi poverenje u mikrokredencijale i podržava pojedince u prilagođavanju modernim zahtevima tržišta rada, čime se doprinosi socio-ekonomskoj stabilnosti i održivom razvoju. Preporuka je bliže definisala značenja pojma „mikrokredencijali“, predstavila potrebne elemente za njihov opis i identifikovala glavne principe za njihovo definisanje, izdavanje i korišćenje.

U cilju boljeg razumevanja koncepta mikrokredencijala i modelovanja sistema za upravljanje mikrokredencijalima, potrebno je korišćenje standardizovanog rečnika pojmova. Naučna i stručna literatura razlikuje pojmove kompetentnosti i kompetencija, gde se prvi vezuje za radne zadatke i tehničke aspekte rada, a drugi za ponašanje [9]. U ovoj doktorskoj disertaciji biće korišćen *IEEE* standard za tehnologije učenja [10], koji definiše sledeće pojmove:

- kompetentnost (eng. *competence*) – nivo sposobnosti potreban za obavljanje zadatka ili aktivnosti,
- kompetencija (eng. *competency*) – skup veština i ponašanja potrebnih za obavljanje zadatka ili aktivnosti u određenom kontekstu

Dodatno, kredencijali kao pojam se definišu kao dokument izdat od strane odgovornog i ovlašćenog tela koje je utvrdilo da je pojedinac postigao specifične ishode učenja u odnosu na dati standard [11]. Kredencijal u ovom kontekstu je krovni termin koji uključuje diplome određenog stepena akademskih studija, druge diplome, licence, sertifikate, značke i profesionalne/industrijske sertifikate [12].

Kako se mikrokredencijali odnose na evidenciju ishoda učenja i potvrđivanje stečenih kompetencija u okviru različitih procesa obrazovanja, ova doktorska disertacija će se bazirati na formalnim okvirima kompetencija kao što su [13]–[15]. Pomenuti različiti procesi obrazovanja mogu se odnositi na formalne, neformalne i informalne (eng. *informal*) [7]. Ovo je posebno značajno, jer iako informalno učenje ne dovodi direktno do sticanja mikrokredencijala, može se uzeti u obzir prilikom validacije i identifikacije ishoda učenja pojedinca. Informalno učenje podrazumeva učenje koje je rezultat svakodnevnih aktivnosti vezanih, bilo privatnih ili poslovnih, i nije organizovano ili strukturirano u smislu ciljeva, vremena ili podrške učenju; može biti nenamerno iz perspektive učenika [16]. Primeri ishoda učenja stečenih kroz informalno učenje definisani preporukama za validaciju neformalnog i informalnog učenja [16] su veštine stečene životnim i radnim iskustvom, veštine upravljanja projektima ili IKT (informaciono-komunikacione tehnologije) veštine stečene na poslu, naučeni jezici i interkulturalne veštine stečene tokom boravka u drugoj zemlji, IKT veštine stečene van posla, veštine stečene kroz volontiranje, kulturne aktivnosti, sport, omladinski rad i kroz aktivnosti kod kuće.

U odnosu na informalno učenje, neformalni procesi obrazovanja se baziraju na jasno definisanim ciljevima učenja [17], vremenskom periodu i podršci tokom učenja [7], [16]. Neformalno učenje je polustrukturirano učenje, ugrađeno u planirane aktivnosti koje ne moraju biti eksplicitno označene kao učenje, ali sadrže važan element učenja [18]. Specifičnije, neformalno učenje je bilo koja organizovana, sistematična, edukativna aktivnost koja se izvodi kroz specifičan model učenja, a van formalnih okvira [19][20].

Konačno, formalno učenje se može definisati kao strukturirani proces učenja koji se odvija u organizovanom i institucionalizovanom okruženju, poput škola, univerziteta i drugih obrazovnih institucija [19], [20]. Formalno učenje je bazirano na ciljevima učenja koji su organizovani u linearnu progresiju [19],

što zahteva specifične metode izvođenja nastave, davanja povratnih informacija i korektivnih akcija [21]. Ono je namerno i svesno kako od strane nastavnika ili edukatora, tako i od strane studenta ili učesnika [22], [23]. Takođe, formalno učenje rezultuje sertifikacijom i priznanjem kroz zvanične diplome ili kvalifikacije [19], [24], [25].

Imajući prethodno u vidu, ova disertacija će se fokusirati na procese učenja i definisanje modela za upravljanje mikrokredencijalima stečenim kroz ove procese, i dati predlog okvira za primenu razvijenog modela u formalnom procesu obrazovanja. Neformalni procesi učenja koji će biti posmatrani u ovom istraživanju, odnose na specifične modele učenja unutar formalnog procesa, ali i kao nezavisne procese, kao što su učenje zasnovano na problemu (eng. *problem-based learning PBL*) [26]–[31], projektno zasnovano učenje (eng. *project-based learning PjBL*) [26], [32]–[36], učenje zasnovano na igri (eng. *game-based learning GBL*) [37]–[40], učenje kroz studije slučaja (eng. *case-based learning CBL*) [26], [41]–[44], učenje kroz izazove (eng. *challenge-based learning ChBL*) [45]–[52], preduzetničko učenje [31], [47], [53]–[55], učenje zasnovano na radu (eng. *work-based learning WBL*, ili *work-integrated learning WIL*) [56]–[62] i dr. Navedeni modeli učenja postavljaju studenta u centar i omogućavaju personalizovano učenje i sticanje veština i kompetencija. Pored toga, što se ovi modeli koriste u formalnom procesu obrazovanja, kroz obavezne ili dodatne nastavne aktivnosti [63]–[67], vannastavne aktivnosti studenata, kao deo neformalnog i informalnog učenja, u velikoj meri doprinose sticanju različitih kompetencija [68]–[71]. Vannastavne aktivnosti studenata podrazumevaju učešća u radu studentskih organizacija, u preduzetničkim aktivnostima, na različitim takmičenjima (hakatoni, studije slučaja, debate, i dr.), na konferencijama i panel diskusijama, edukativnim radionicama, i dr.

Validnost, prenosivost i neporecivost stečenih kompetencija kroz navedene oblike obrazovanja, predstavlja centralni problem preporuka o mikrokredencijalima za celoživotno učenje i zapošljivost [7]. Jedan od načina prevazilaženja ovog problema, može se postići upotrebom blokčejn tehnologija.

Blokčejn (eng. *blockchain*) je deljena, distribuirana i decentralizovana baza podataka (eng. *distributed ledger*) koja omogućava čuvanje zapisa o transakcijama i praćenje imovine u okviru mreže [72]. Imovina u ovom slučaju podrazumeva krovni termin za opipljiva (kuća, automobil, novac, zemljište, roba) i neopipljiva (intelektualna svojina, patent, kompetencije) dobra. Sve što ima neku vrednost, može biti praćeno na blokčejn mreži, umanjujući rizik i troškove za sve stejkholdere [72].

Ključni elementi i prednosti blokčejna su: distribuiranost, nepromenljivost, transparentnost i sigurnost – što implicira da je svaki zapis u okviru blokčejn mreže dostupan svim korisnicima mreže i ne može biti promenjen. Jedina promena koja se može desiti u okviru blokčejn mreže je upisivanje novog zapisa [73]. Blokčejn tehnologija sprečava zloupotrebe kao što su falsifikovanje i poricanje sadržaja jer čuva celokupan zapis podataka u obliku vremenski obeleženih i međusobno povezanih blokova [74]. Zbog prednosti koje sa sobom donosi, blokčejn tehnologije su našle primenu u različitim oblastima kao što su [75] saobraćaj [76]–[78], pametna okruženja [50], [79]–[84], finansije [85]–[89], sigurnost i zaštita podataka [82], [90]–[92], zdravstvo [92]–[95], infrastruktura i servisi e-uprave [96]–[100], obrazovanje [101]–[108].

Blokčejn tehnologije se sve više istražuju u pogledu svojih potencijalnih primena u visokoškolskom obrazovanju, nudeći rešenja za dugotrajna pitanja oko verifikacije kredencijala, bezbednosti podataka i privatnosti studenata:

- **Praćenje dostignuća studenata uz zaštitu privatnosti:** blokčejn nudi sigurne i decentralizovane načine upravljanja i provere autentičnosti zapisa i postignuća studenata, što povećava transparentnost i pouzdanost [101][102]. Ovo omogućava institucijama da održavaju pouzdane evidencije koje su zaštićene od neovlašćenih radnji u koje poslodavci i druge institucije mogu verovati. Blokčejn takođe podržava zaštitu intelektualne svojine, omogućavajući bezbedno deljenje obrazovnog sadržaja uz poštovanje prava kreatora sadržaja.
- **Decentralizovani obrazovni sistemi:** blokčejn može da stvori *peer-to-peer* model obrazovanja, gde se zapisi bezbedno distribuiraju među studentima, podstičući otvorenije i pristupačnije okruženje za učenje. Pametni ugovori, mogu olakšati proces edukacije automatizacijom sistema

ocenjivanja i sertifikacije. Ovo ne samo da smanjuje administrativne troškove, već i osigurava poštovanje dogovorenih standarda za obrazovne rezultate [103].

- **Provera mikrokredencijala i interoperabilnost:** blokčejn tehnologije pružaju efikasan način za validaciju i upravljanje mikrokredencijalima, čineći proces bržim i pouzdanijim [107]. Korišćenjem blokčejna, institucije mogu da skladište detaljne informacije o mikrokredencijalima na pristupačan i bezbedan način, poboljšavajući kredibilitet takvih kredencijala, bez komplikovanih administrativnih procesa tipičnih za tradicionalne metode validacije, pre svega u segmentu validacije između različitih institucija, pa i različitih obrazovnih sistema.

Blokčejn tehnologije imaju potencijal da transformišu proces visokoškolskog obrazovanja, posebno u kontekstu onlajn učenja, verifikacije i upravljanja podacima. Uprkos potencijalima, blokčejn u obrazovanju je i dalje nedovoljno istražen, posebno u pogledu njegove upotrebe u aplikacijama za mikrokredencijale. Potrebno je kontinuirano istraživanje kako bi se otklonili nedostaci i dalje razvili okviri za obrazovni sistem zasnovan na blokčejnu.

Cilj istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji je razvoj sveobuhvatnog i višedimenzionalnog modela za upravljanje mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju primenom blokčejn tehnologija. Model treba da unapredi postojeće prakse kada su u pitanju mikrokredencijali, omogućiti integraciju sa postojećim komponentama formalnih i neformalnih sistema obrazovanja, omogućiti nove poslovne modele za obrazovne institucije i motiviše studente, nastavno osoblje, visokoškolske ustanove, i druge stejkholdere, na celoživotno obrazovanje.

Blokčejn tehnologije će se u predloženom modelu koristiti za razvoj sigurne platforme za čuvanje i razmenu podataka o stečenim kompetencijama studenata, kao i validaciju stečenih kompetencija kroz mikrokredencijale. Takođe, platforma treba da omogućiti olakšano za izdavanje, verifikaciju i upravljanje mikrokredencijalima studenata, stečenih kroz različite oblike visokoškolskog obrazovanja, formalne i neformalne. Nakon što se podaci o stečenim kompetencijama i izdatim mikrokredencijalima studenata zabeleže, nijedna strana ih više ne može poreći ili promeniti.

U okviru predloženog modela za upravljanje mikrokredencijalima u ovoj doktorskoj disertaciji, glavni učesnici i stejkholderi su studenti, nastavno i nenastavno osoblje i visokoškolska ustanova koja izdaje mikrokredencijale. Sve stečene kompetencije i mikrokredencijali studenta biće validirani kroz pametne ugovore na odabranoj blokčejn platformi. Učešće u procesu izdavanja mikrokredencijala predlaže se kao deo procesa validacije stečenih kompetencija.

Takođe, primena blokčejn tehnologija omogućuje da upravljanje mikrokredencijalima studenata postane deo procesa razvoja karijere. Mikrokredencijali i stečene kompetencije na ovaj način mogu biti dostupni zainteresovanim poslodavcima, ali i drugim visokoškolskim ustanovama. Shodno tome, identifikovani su sekundarni stejkholderi u ovom procesu, i to poslodavci, druge visokoškolske ustanove, partneri visokoškolske ustanove i kompanije.

Institucionalna podrška i praćenje razvoja karijere studenata tokom studija su već uspostavljeni procesi u brojnim visokoškolskim ustanovama [109]–[111]. Ovi procesi podrazumevaju različite mehanizme usmerene ka profesionalnom razvoju studenata, kao što su programi karijernog vođenja, savetodavne usluge i uspostavljanje kontakata sa potencijalnim poslodavcima. Međutim, i pored ovih napora, postoji potreba za integrisanim i sistemskim pristupom koji bi omogućio dugoročnu i sveobuhvatnu podršku studentima tokom celokupnog procesa njihovog razvoja, od upisa do zaposlenja. Model predložen u ovoj doktorskoj disertaciji teži da unapredi postojeći sistem podrške, omogućavajući sveobuhvatno i kontinuirano praćenje karijernog razvoja studenata. Ovaj pristup predviđa integraciju različitih alata i metoda za praćenje individualnog napretka, procenu stečenih kompetencija, izdavanje kredencijala i mikrokredencijala za stečene kompetencije, kao i identifikaciju potreba za daljim profesionalnim razvojem.

U toku istraživanja biće realizovane sledeće aktivnosti:

- pregled literature u oblasti primene i razvoja mikrokredencijala sa posebnim osvrtom na upotrebu u visokoškolskom obrazovanju
- pregled literature u oblasti praćenja kompetencija studenata
- analiza relevantnih okvira kompetencija
- pregled literature u oblasti veb3 tehnologija sa posebnim osvrtom na blokčejn tehnologije i decentralizovane sisteme za praćenje kompetencija studenata
- analiza dosadašnjih rezultata i specifikacija otvorenih problema koji će se istraživati u disertaciji,
- identifikacija stejkholdera i analiza spremnosti stejkholdera za korišćenje decentralizovanog sistema za praćenje kompetencija i upravljanje mikrokredencijalima studenata
- razvoj modela za praćenje kompetencija studenata i upravljanje mikrokredencijalima baziran na decentralizovanim sistemima
- modeliranje poslovnih procesa za praćenje kompetencija studenata i upravljanje mikrokredencijalima
- projektovanje i implementacija decentralizovanog softverskog sistema za izdavanje, verifikaciju i upravljanje mikrokredencijalima
- planiranje eksperimenta u razvijenom decentralizovanom sistemu: definisanje cilja studije, prikupljanje i analiza podataka
- sprovođenje eksperimenta i analiza rezultata

Implementacija predloženog pristupa i modela biće realizovana kroz decentralizovani softverski sistem, specifično razvijen za potrebe ovog istraživanja.

Aktivnosti vezane za razvoj softverskog sistema biće realizovane po ISO/IEC TR 19759:2016 standardu (SWEBOK metodologiji) [112], [113]:

- definisanje zahteva softverskog sistema – definisanje softverskih i procesnih zahteva, analiza zahteva, specifikacija i validacija, selekcija alata za praćenje softverskih zahteva
- dizajn softverskog sistema – definisanje strukture i arhitekture softverskog sistema, definisanje korisničkog interfejsa, strategija i metoda za dizajn softvera
- razvoj softverskog sistema – odabir alata i tehnologija za razvoj softvera, odabir blokčejn platforme, razvoj softverskog sistema na osnovu predloženog dizajna, dokumentacija softverskog sistema, definisanje i odabir alata za testiranje softvera
- testiranje softvera – definisanje slučajeva testiranja, odabir tehnike za testiranje, definisanje procesa evaluacije testova, testiranje definisanih slučajeva, evaluacija softverskog sistema
- održavanje softvera – monitoring sistema, definisanje procesa modifikacije softverskog sistema, modifikacija sistema u slučaju grešaka, modifikacija sistema na osnovu zahteva za unapređenjem/promenom, dokumentacija procesa održavanja

Početna lista bibliografskih izvora koja će se koristiti prilikom izrade doktorske disertacije:

- [1] S. N. Sato *et al.*, “Navigating the New Normal: Adapting Online and Distance Learning in the Post-Pandemic Era,” *Educ. Sci.* 2024, Vol. 14, Page 19, vol. 14, no. 1, p. 19, Dec. 2023, doi: 10.3390/EDUCSCI14010019.
- [2] K. A. Godber and D. R. Atkins, “COVID-19 Impacts on Teaching and Learning: A Collaborative Autoethnography by Two Higher Education Lecturers,” *Front. Educ.*, vol. 6, p. 647524, Jul. 2021, doi: 10.3389/FEDUC.2021.647524/BIBTEX.
- [3] L. Gu, M. Lockett, and Y. Jiang, “The Rapid Growth of Hybrid Learning Fueled by the Pandemic - Global Focus Magazine,” 2024. <https://www.globalfocusmagazine.com/the-rapid-growth-of-hybrid-learning-fueled-by-the-pandemic/> (accessed Nov. 05, 2024).
- [4] P. Werquin, “The missing link to connect education and employment: recognition of non-formal and informal learning outcomes☆,” *J. Educ. Work*, vol. 25, no. 3, pp. 259–278, Jul. 2012, doi: 10.1080/13639080.2012.687574.
- [5] G. Witthaus *et al.*, *Validation of non-formal MOOC-based learning. An analysis of assessment and recognition practices in Europe (OpenCred)*. 2016. doi: 10.2791/809371.
- [6] R. Farrow, R. Ferguson, M. Weller, R. Pitt, J. Sanzgiri, and M. Habib, “Assessment and Recognition of MOOCs: The

- State of the Art,” *J. Innov. Polytech. Educ.*, vol. 3, no. 1, pp. 15–26, Jul. 2021, doi: 10.69520/jipe.v3i1.94.
- [7] THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, “European approach to micro-credentials for lifelong learning and employability,” *Official Journal of the European Union*, Jun. 16, 2022. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022H0627\(02\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022H0627(02)) (accessed Nov. 05, 2024).
- [8] European Commission, “European Pillar of Social Rights - Building a fairer and more inclusive European Union,” 2023. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=1226&langId=en>
- [9] V. Ivanković, “Pojam kompetencije (eng: Competence Vs. Competency)”.
- [10] Learning Technology Standards Committee, “IEEE Standard for Learning Technology--Data Model for Shareable Competency Definitions.” IEEE, Piscataway, NJ, USA, Dec. 03, 2022. doi: 10.1109/IEEESTD.2023.10194521.
- [11] “Credential Definitions | New England Board of Higher Education.” <https://nebhe.org/policy-research/key-initiatives/high-value-credentials-for-new-england/tools-resources/credential-definitions/> (accessed Nov. 09, 2024).
- [12] S. Schofield, “Credential, Certificate or Degree: What’s the Difference?,” *Muhlenberg College*, 2023. <https://www.muhlenberg.edu/gce/blog/content/credentialcertificateordegreewhatstheifference.html> (accessed Nov. 09, 2024).
- [13] A. Jaber, F. Ciriello, and C. Lucas, “Towards Skillful Engineers: A Competence Framework for Engineering Education,” *UK Irel. Eng. Educ. Res. Netw. Conf. Proc. 2023*, Jun. 2024, doi: 10.31273/10.31273/9781911675167/1650.
- [14] S. N. Braxton, “Competency frameworks, alternative credentials and the evolving relationship of higher education and employers in recognizing skills and achievements,” *Int. J. Inf. Learn. Technol.*, vol. 40, no. 5, pp. 373–387, Oct. 2023, doi: 10.1108/IJILT-10-2022-0206/FULL/XML.
- [15] IEEE Computer Society, *Software Engineering Competency Model Version 1.0*. 2014.
- [16] Council of the European Union, “COUNCIL RECOMMENDATION of 20 December 2012 on the validation of non-formal and informal learning - 2012/C 398/01,” *Off. J. Eur. Union*, vol. C 398, pp. 1–5, 2012.
- [17] N. Garner, A. Siol, and I. Eilks, “The Potential of Non-Formal Laboratory Environments for Innovating the Chemistry Curriculum and Promoting Secondary School Level Students Education for Sustainability,” *Sustain.* 2015, Vol. 7, Pages 1798–1818, vol. 7, no. 2, pp. 1798–1818, Feb. 2015, doi: 10.3390/SU7021798.
- [18] D. Colardyn, “Lifelong learning: Which way forward,” *Coll. Eur.*, p. 276, 2001.
- [19] M. Johnson and D. Majewska, “Formal, non-formal and informal learning: What are they, and how can we research them?,” *Cambridge Univ. Press Assess. Res. Rep.*, no. September, p. 36, 2022.
- [20] P. H. Coombs and M. Ahmed, “Attacking rural poverty : how nonformal education can help,” 1974. Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: <http://documents.worldbank.org/curated/en/656871468326130937>
- [21] H. Jung and E. Choi, “The importance of indirect teaching behaviour and its educational effects in physical education,” *Phys. Educ. Sport Pedagog.*, vol. 21, no. 2, pp. 121–136, Mar. 2016, doi: 10.1080/17408989.2014.923990.
- [22] N. Yeasmin, S. Uusiantti, and K. Määttä, “Is non-formal learning a solution to enhance immigrant children’s empowerment in northern Finnish communities?,” <https://doi.org/10.1080/21632324.2020.1742993>, vol. 11, no. 2, pp. 214–232, Jun. 2022, doi: 10.1080/21632324.2020.1742993.
- [23] T. Cain and A. Chapman, “Dysfunctional dichotomies? Deflating bipolar constructions of curriculum and pedagogy through case studies from music and history,” *Curric. J.*, vol. 25, no. 1, pp. 111–129, Mar. 2014, doi: 10.1080/09585176.2013.877396.
- [24] I. V. Ivanova, “Non-formal Education,” *Russ. Educ. Soc.*, vol. 58, no. 11, pp. 718–731, Nov. 2016, doi: 10.1080/10609393.2017.1342195.
- [25] M. Pienimäki, M. Kinnula, and N. Iivari, “Finding fun in non-formal technology education,” *Int. J. Child-Computer Interact.*, vol. 29, p. 100283, Sep. 2021, doi: 10.1016/J.IJCCI.2021.100283.
- [26] L. Wijnia, G. Noordzij, L. R. Arends, R. M. J. P. Rikers, and S. M. M. Loyens, *The Effects of Problem-Based, Project-Based, and Case-Based Learning on Students’ Motivation: a Meta-Analysis*, vol. 36, no. 1. Springer US, 2024. doi: 10.1007/s10648-024-09864-3.
- [27] S. S. Ali, “Problem Based Learning: A Student-Centered Approach,” *English Lang. Teach.*, vol. 12, no. 5, p. 73, 2019, doi: 10.5539/elt.v12n5p73.
- [28] D. M. Anggraeni, B. K. Prahani, N. Suprpto, N. Shofiyah, and B. Jatmiko, “Systematic review of problem based learning research in fostering critical thinking skills,” *Think. Ski. Creat.*, vol. 49, p. 101334, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.tsc.2023.101334.
- [29] L. K. Michaelsen, N. Davidson, and C. H. Major, “Team-Based Learning Practices and Principles in Comparison With Cooperative Learning and Problem-Based Learning,” *J. Excell. Coll. Teach.*, vol. 25, no. 3&4, 2014, Accessed: Nov. 09, 2024. [Online]. Available: <https://celt.miamioh.edu/ojs/index.php/JECT/article/view/466>
- [30] S. A. Seibert, “Problem-based learning: A strategy to foster generation Z’s critical thinking and perseverance,” *Teach. Learn. Nurs.*, vol. 16, no. 1, pp. 85–88, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.teln.2020.09.002.
- [31] S. San Tan and C. K. F. Ng, “A problem-based learning approach to entrepreneurship education,” *Educ. + Train.*, vol. 48, no. 6, pp. 416–428, Jul. 2006, doi: 10.1108/00400910610692606/FULL/XML.
- [32] E. Cook, “Practice-Based Engineering: Mathematical Competencies and Micro-Credentials,” *Int. J. Res. Undergrad. Math. Educ.*, vol. 7, no. 2, pp. 284–305, Jul. 2021, doi: 10.1007/s40753-020-00128-3.
- [33] L. Zhang and Y. Ma, “A study of the impact of project-based learning on student learning effects: a meta-analysis study,” *Front. Psychol.*, vol. 14, p. 1202728, Jul. 2023, doi: 10.3389/FPSYG.2023.1202728/BIBTEX.
- [34] P. Guo, N. Saab, L. S. Post, and W. Admiraal, “A review of project-based learning in higher education: Student outcomes

- and measures,” *Int. J. Educ. Res.*, vol. 102, p. 101586, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.ijer.2020.101586.
- [35] M. A. Almulla, “The Effectiveness of the Project-Based Learning (PBL) Approach as a Way to Engage Students in Learning,” *SAGE Open*, vol. 10, no. 3, Jul. 2020, doi: 10.1177/2158244020938702/ASSET/IMAGES/LARGE/10.1177_2158244020938702-FIG9.JPEG.
- [36] C.-H. Chen and Y.-C. Yang, “Revisiting the effects of project-based learning on students’ academic achievement: A meta-analysis investigating moderators,” *Educ. Res. Rev.*, vol. 26, pp. 71–81, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.edurev.2018.11.001.
- [37] N. Thi Ngoc Ha, M. Spittle, A. Watt, and N. Van Dyke, “A systematic literature review of micro-credentials in higher education: a non-zero-sum game,” *High. Educ. Res. Dev.*, vol. 42, no. 6, pp. 1527–1548, 2023, doi: 10.1080/07294360.2022.2146061.
- [38] C. Troussas, A. Krouska, and C. Sgouropoulou, “Collaboration and fuzzy-modeled personalization for mobile game-based learning in higher education,” *Comput. Educ.*, vol. 144, p. 103698, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.compedu.2019.103698.
- [39] A. Alam, “A Digital Game based Learning Approach for Effective Curriculum Transaction for Teaching-Learning of Artificial Intelligence and Machine Learning,” in *2022 International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems (ICSCDS)*, IEEE, Apr. 2022, pp. 69–74. doi: 10.1109/ICSCDS53736.2022.9760932.
- [40] B. Karakoç, K. Eryılmaz, E. Turan Özpolat, and İ. Yıldırım, “The Effect of Game-Based Learning on Student Achievement: A Meta-Analysis Study,” *Technol. Knowl. Learn.*, vol. 27, no. 1, pp. 207–222, 2022, doi: 10.1007/s10758-020-09471-5.
- [41] S. A. Raza, W. Qazi, and B. Umer, “Examining the impact of case-based learning on student engagement, learning motivation and learning performance among university students,” *J. Appl. Res. High. Educ.*, vol. 12, no. 3, pp. 517–533, 2020, doi: 10.1108/JARHE-05-2019-0105.
- [42] I. J. Sistermans, “Integrating competency-based education with a case-based or problem-based learning approach in online health sciences,” *Asia Pacific Educ. Rev.*, vol. 21, no. 4, pp. 683–696, Dec. 2020, doi: 10.1007/s12564-020-09658-6.
- [43] “Using Case Studies to Teach | Center for Teaching & Learning.” <https://www.bu.edu/ctl/resources/teaching-resources/using-case-studies-to-teach/> (accessed Nov. 09, 2024).
- [44] “Case Method Teaching and Learning | Columbia CTL.” <https://ctl.columbia.edu/resources-and-technology/resources/case-method/> (accessed Nov. 09, 2024).
- [45] J. Barynienė, A. Daunorienė, and D. Gudonienė, “Technology-Enriched Challenge-Based Learning for Responsible Education,” *Commun. Comput. Inf. Sci.*, vol. 1665 CCIS, pp. 273–283, 2022, doi: 10.1007/978-3-031-16302-9_22.
- [46] M. Leijon, P. Gudmundsson, P. Staaf, and C. Christersson, “Challenge based learning in higher education– A systematic literature review,” *Innov. Educ. Teach. Int.*, vol. 59, no. 5, pp. 609–618, Sep. 2022, doi: 10.1080/14703297.2021.1892503.
- [47] A. Colombelli, S. Loccisano, A. Panelli, O. A. M. Pennisi, and F. Serraino, “Entrepreneurship Education: The Effects of Challenge-Based Learning on the Entrepreneurial Mindset of University Students,” *Adm. Sci.* 2022, Vol. 12, Page 10, vol. 12, no. 1, p. 10, Jan. 2022, doi: 10.3390/ADMSCI12010010.
- [48] F. S. Gerardou, R. Meriton, A. Brown, B. V. G. Moran, and R. Bhandal, “Advancing a Design Thinking Approach to Challenge-Based Learning,” *Emerald Handb. Chall. Based Learn.*, pp. 93–129, Aug. 2022, doi: 10.1108/978-1-80117-490-920221005.
- [49] D. Morselli and G. Orzes, “Evaluating an interfaculty entrepreneurship program based on challenge-based learning through the EntreComp framework,” *Int. J. Manag. Educ.*, vol. 21, no. 3, p. 100869, Nov. 2023, doi: 10.1016/J.IJME.2023.100869.
- [50] Y. Gutiérrez-Martínez, R. Bustamante-Bello, S. A. Navarro-Tuch, A. A. López-Aguilar, A. Molina, and I. Á. I. Longoria, “A Challenge-Based Learning Experience in Industrial Engineering in the Framework of Education 4.0,” *Sustain.* 2021, Vol. 13, Page 9867, vol. 13, no. 17, p. 9867, Sep. 2021, doi: 10.3390/SU13179867.
- [51] R. Taconis and T. Bekker, “Challenge Based Learning as authentic learning environment for STEM identity construction,” *Front. Educ.*, vol. 8, p. 1144702, Aug. 2023, doi: 10.3389/FEDUC.2023.1144702/BIBTEX.
- [52] S. E. Gallagher and T. Savage, “Challenge-based learning in higher education: an exploratory literature review,” *Teach. High. Educ.*, vol. 28, no. 6, pp. 1135–1157, Aug. 2023, doi: 10.1080/13562517.2020.1863354.
- [53] R. T. P. B. Santoso, S. H. Priyanto, I. W. R. Junaedi, D. S. S. Santoso, and L. T. Sunaryanto, “Project-based entrepreneurial learning (PBEL): a blended model for startup creations at higher education institutions,” *J. Innov. Entrep.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–22, Dec. 2023, doi: 10.1186/S13731-023-00276-1/TABLES/5.
- [54] E. K. Xiaolei Sun, “Improving Student Creativity through Project-Based Learning: A Case Study of Integrating Innovation and Entrepreneurship Education within Product Design Courses,” *J. Posit. Sch. Psychol.*, pp. 6295 – 6307–6295 – 6307, May 2022, Accessed: Nov. 09, 2024. [Online]. Available: <https://mail.journalppw.com/index.php/jpsp/article/view/4525>
- [55] J. Wasim, M. Haj Youssef, I. Christodoulou, and R. Reinhardt, “Higher education student intentions behind becoming an entrepreneur,” *High. Educ. Ski. Work. Learn.*.
- [56] S. Nidogon Višnjić, K. Pažur Aničić, and B. Divjak, “A systematic review of the literature on student work and academic performance,” <https://doi.org/10.1177/09504222241241974>, Mar. 2024, doi: 10.1177/09504222241241974.
- [57] K. Pažur Anicic and B. Divjak, “Work-Integrated Learning in Higher Education: Student, Teacher and Employer Motivation and Expectations,” *Int. J. Work. Learn.*, vol. 23, no. 1, pp. 49–64, 2022.
- [58] R. Mekovec, K. Pažur Aničić, and K. Arbanas, “Developing Undergraduate IT Students’ Generic Competencies Through Problem-Based Learning,” *TEM J.*, vol. 7, no. 1, pp. 193–200, 2018.
- [59] K. Pažur Aničić, B. Divjak, and K. Arbanas, “Preparing ICT Graduates for Real-World Challenges: Results of a Meta-Analysis,” *IEEE Trans. Educ.*, vol. 60, no. 3, pp. 191–197, Aug. 2017, doi: 10.1109/TE.2016.2633959.

- [60] N. Jalinus, Syahril, S. Haq, and G. K. Kassymova, "Work-based learning for the engineering field in vocational education: Understanding concepts, principles and best practices," *J. Eng. Res. Lect.*, vol. 2, no. 1, pp. 9–17, Apr. 2023, doi: 10.58712/JEREL.V2I1.22.
- [61] K. Trigwell and A. Reid, "Introduction: Work-based learning and the students' perspective," *Int. J. Phytoremediation*, vol. 21, no. 1, pp. 141–154, 1998, doi: 10.1080/0729436980170201/ASSET/CMS/ASSET/9543CC6A-A06F-4DF5-B80A-73F9088DA428/0729436980170201.FP.PNG.
- [62] "Modeli učenja kroz rad - FOI - Centar za podršku studentima i razvoj karijera." <https://cpsrk.foi.hr/modeli-ucenja-kroz-rad/> (accessed Feb. 17, 2025).
- [63] A. Čirković, Z. Bogdanović, and B. Radenković, "Project-based Learning with Mattermost in Higher Education," *E-bus. Technol. Conf. Proc.*, vol. 3, no. 1, pp. 260–264, 2023, [Online]. Available: <https://www.ebt.rs/journals/index.php/conf-proc/article/view/158>
- [64] Z. Bogdanovic, A. Milicevic, D. Stojanovic, A. Labus, M. Despotovic-Zrakic, and B. Radenkovic, "Open Innovation Strategies in Engineering Education," *2023 IEEE 33rd Int. Conf. Microelectron. MIEL 2023*, 2023, doi: 10.1109/MIEL58498.2023.10315923.
- [65] Z. Bogdanović, A. Miličević, M. Despotović-Zrakić, T. Naumović, B. Radenković, and M. Suvajdžić, "Measuring the performance of the innovative potential of the academy on the example of Algorand WEB 3.0 hackathon," *E-bus. Technol. Conf. Proc.*, pp. 201–223, 2023.
- [66] M. Radenković, S. Popović, and S. Mitrović, "Project based learning for DevOps Project based learning for DevOps : School of Computing experiences," *E-bus. Technol. Conf. Proc.*, vol. 2, no. 1, pp. 127–131, 2022, [Online]. Available: <https://ebt.rs/journals/index.php/conf-proc/article/view/133>
- [67] J. Mihajlović-Miličević, T. Naumović, and S. Mitrović, "Project-based e-learning in virtual teams," in *XVII International Symposium Business and Artificial Intelligence, SYMORG*, 2020, pp. 528–534. [Online]. Available: <https://symorg.fon.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2020/10/SYMORG-PROCEEDINGS-FINAL-2020.pdf>
- [68] M. Djukic, D. Pavlovic, D. Bodroza, and D. Bjelica, "Determinants of entrepreneurial intentions among Serbian youth – life satisfaction, extracurricular activities and institutional trust," in *Midterm Conference 202: Youth in the Post-Pandemic: From Experiences of Inequalities to New Opportunities for Solidarities. ESA Research Network 30 Youth and Generation*, Sardinia, Italy, 2023. [Online]. Available: <https://www.shine.edu.rs/research/>
- [69] L. Petrović, D. Bjelica, and M. Mihić, "ENTREPRENEURIAL ENTHUSIASM AND INSTITUTIONAL SUPPORT: AN ANALYSIS OF YOUTH PERSPECTIVES IN THE REPUBLIC OF SERBIA," in *Book of proceedings. International Multidisciplinary Conference "Challenges of Contemporary Higher Education" – CCHE*, Kopaonik, Srbija, 2024, pp. 737–741. [Online]. Available: <https://www.shine.edu.rs/research/>
- [70] M. Mihic, "Shine." <https://www.shine.edu.rs/about/>
- [71] M. Đorđević, T. Slavinski, and D. Bjelica, "EDTECH PROJECTS: DISRUPTIVE INNOVATION IN HIGHER EDUCATION," in *XVIII International Symposium Sustainable Business Management and Digital Transformation: Challenges and Opportunities in the Post-COVID Era*, 2022, pp. 254–255.
- [72] "What Is Blockchain? | IBM." <https://www.ibm.com/topics/blockchain> (accessed Nov. 09, 2024).
- [73] M. van Rijmenam and P. Ryan, "What is the Blockchain?," *Blockchain*, no. October, pp. 12–39, 2018, doi: 10.4324/9780429457715-2.
- [74] H. Sun, X. Wang, and X. Wang, "Application of Blockchain Technology in Online Education," *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, vol. 13, no. 10, pp. 252–259, Oct. 2018, doi: 10.3991/IJET.V13I10.9455.
- [75] F. A. Sunny *et al.*, "A Systematic Review of Blockchain Applications," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 59155–59177, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3179690.
- [76] R. Jabbar *et al.*, "Blockchain Technology for Intelligent Transportation Systems: A Systematic Literature Review," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 20995–21031, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3149958.
- [77] R. Chaudhary, A. Jindal, G. S. Aujla, S. Aggarwal, N. Kumar, and K. K. R. Choo, "BEST: Blockchain-based secure energy trading in SDN-enabled intelligent transportation system," *Comput. Secur.*, vol. 85, pp. 288–299, Aug. 2019, doi: 10.1016/J.COSE.2019.05.006.
- [78] Y. Li, K. Ouyang, N. Li, R. Rahmani, H. Yang, and Y. Pei, "A Blockchain-Assisted Intelligent Transportation System Promoting Data Services with Privacy Protection," *Sensors 2020, Vol. 20, Page 2483*, vol. 20, no. 9, p. 2483, Apr. 2020, doi: 10.3390/S20092483.
- [79] D. Das, S. Banerjee, P. Chatterjee, U. Ghosh, and U. Biswas, "Blockchain for Intelligent Transportation Systems: Applications, Challenges, and Opportunities," *IEEE Internet Things J.*, vol. 10, no. 21, pp. 18961–18970, Nov. 2023, doi: 10.1109/JIOT.2023.3277923.
- [80] S. Singh, P. K. Sharma, B. Yoon, M. Shojafar, G. H. Cho, and I. H. Ra, "Convergence of blockchain and artificial intelligence in IoT network for the sustainable smart city," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 63, p. 102364, Dec. 2020, doi: 10.1016/J.SCS.2020.102364.
- [81] I. Mistry, S. Tanwar, S. Tyagi, and N. Kumar, "Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: A systematic review, solutions, and challenges," *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 135, p. 106382, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.YMSSP.2019.106382.
- [82] Z. Ruan, "Blockchain Technology for Security Issues and Challenges in IOT," *Proc. - 2023 Int. Conf. Comput. Simul. Model. Inf. Secur. CSMIS 2023*, pp. 572–580, 2023, doi: 10.1109/CSMIS60634.2023.00108.
- [83] S. Nudin, A. Labus, P. Lukovac, and M. Suvajdžić, "DApp for Food Traceability Based on PyTeal and Algorand," *EBT*

- Conf., no. Blockchain, pp. 211–216, 2023, [Online]. Available: <https://www.ebt.rs/journals/index.php/conf-proc/article/view/163/146>
- [84] 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>
- [85] M. Mijic and B. Čebić, “The Role of Blockchain in Innovative Fintech Services,” in *2023 International conference on E-business technologies (EBT)*, Belgrade, 2023, pp. 244–250.
- [86] G. Lăzăroiu, M. Bogdan, M. Geamănu, L. Hurloiu, L. Ionescu, and R. Ștefănescu, “Artificial intelligence algorithms and cloud computing technologies in blockchain-based fintech management,” *Oeconomia Copernicana*, vol. 14, no. 3, pp. 707–730, 2023, doi: 10.24136/oc.2023.021.
- [87] T. Renduchintala, H. Alfauri, Z. Yang, R. Di Pietro, and R. Jain, “A Survey of Blockchain Applications in the FinTech Sector,” *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.* 2022, Vol. 8, Page 185, vol. 8, no. 4, p. 185, Oct. 2022, doi: 10.3390/JOITMC8040185.
- [88] N. R. Mosteanu and A. Faccia, “Digital Systems and New Challenges of Financial Management – FinTech, XBRL, Blockchain and Cryptocurrencies,” *Qual. – Access to Success*, vol. 21, no. 174, pp. 159–166, 2020, Accessed: Nov. 12, 2024. [Online]. Available: <https://pureportal.coventry.ac.uk/en/publications/digital-systems-and-new-challenges-of-financial-management-fintec>
- [89] S. Fosso Wamba, J. R. Kala Kamdjoug, R. Epie Bawack, and J. G. Keogh, “Bitcoin, Blockchain and Fintech: a systematic review and case studies in the supply chain,” *Prod. Plan. Control*, vol. 31, no. 2–3, pp. 115–142, Feb. 2020, doi: 10.1080/09537287.2019.1631460.
- [90] P. J. Taylor, T. Dargahi, A. Dehghantanha, R. M. Parizi, and K. K. R. Choo, “A systematic literature review of blockchain cyber security,” *Digit. Commun. Networks*, vol. 6, no. 2, pp. 147–156, May 2020, doi: 10.1016/J.DCAN.2019.01.005.
- [91] D. Berdik, S. Otoum, N. Schmidt, D. Porter, and Y. Jararweh, “A Survey on Blockchain for Information Systems Management and Security,” *Inf. Process. Manag.*, vol. 58, no. 1, p. 102397, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.IPM.2020.102397.
- [92] P. Sharma, S. Namasudra, R. Gonzalez Crespo, J. Parra-Fuente, and M. Chandra Trivedi, “EHDHE: Enhancing security of healthcare documents in IoT-enabled digital healthcare ecosystems using blockchain,” *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 629, pp. 703–718, Jun. 2023, doi: 10.1016/J.INS.2023.01.148.
- [93] A. Hasselgren, K. Kralevska, D. Gligoroski, S. A. Pedersen, and A. Faxvaag, “Blockchain in healthcare and health sciences—A scoping review,” *Int. J. Med. Inform.*, vol. 134, p. 104040, Feb. 2020, doi: 10.1016/J.IJMEDINF.2019.104040.
- [94] S. Shi, D. He, L. Li, N. Kumar, M. K. Khan, and K. K. R. Choo, “Applications of blockchain in ensuring the security and privacy of electronic health record systems: A survey,” *Comput. Secur.*, vol. 97, p. 101966, Oct. 2020, doi: 10.1016/J.COSE.2020.101966.
- [95] U. Chelladurai and S. Pandian, “A novel blockchain based electronic health record automation system for healthcare,” *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, vol. 13, no. 1, pp. 693–703, Jan. 2022, doi: 10.1007/S12652-021-03163-3/METRICS.
- [96] V. Despotović, D. Bjelica, A. Bjelica, and D. Barac, “Decentralized Autonomous Organizations: State and Perspectives,” pp. 238–243, 2023, [Online]. Available: <https://governance.decentraland.org/>
- [97] H. Falwadiya and S. Dhingra, “Blockchain technology adoption in government organizations: a systematic literature review,” *J. Glob. Oper. Strateg. Sourc.*, vol. 15, no. 3, pp. 473–501, Aug. 2022, doi: 10.1108/JGOSS-09-2021-0079/FULL/XML.
- [98] N. Elisa, L. Yang, F. Chao, and Y. Cao, “A framework of blockchain-based secure and privacy-preserving E-government system,” *Wirel. Networks*, vol. 29, no. 3, pp. 1005–1015, Apr. 2023, doi: 10.1007/S11276-018-1883-0/TABLES/3.
- [99] M. Kassen, “Blockchain and e-government innovation: Automation of public information processes,” *Inf. Syst.*, vol. 103, p. 101862, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.IS.2021.101862.
- [100] S. Verma and A. Sheel, “Blockchain for government organizations: past, present and future,” *J. Glob. Oper. Strateg. Sourc.*, vol. 15, no. 3, pp. 406–430, Aug. 2022, doi: 10.1108/JGOSS-08-2021-0063/FULL/XML.
- [101] A. Alam, “Platform Utilising Blockchain Technology for eLearning and Online Education for Open Sharing of Academic Proficiency and Progress Records,” pp. 307–320, 2022, doi: 10.1007/978-981-19-3311-0_26.
- [102] P. Bhaskar, C. K. Tiwari, and A. Joshi, “Blockchain in education management: present and future applications,” *Interact. Technol. Smart Educ.*, vol. 18, no. 1, pp. 1–17, May 2021, doi: 10.1108/ITSE-07-2020-0102.
- [103] D. Lizcano, J. A. Lara, B. White, and S. Aljawarneh, “Blockchain-based approach to create a model of trust in open and ubiquitous higher education,” *J. Comput. High. Educ.*, vol. 32, no. 1, pp. 109–134, Apr. 2020, doi: 10.1007/S12528-019-09209-Y/METRICS.
- [104] R. Raimundo and A. Rosário, “Blockchain System in the Higher Education,” *Eur. J. Investig. Heal. Psychol. Educ.*, vol. 11, no. 1, pp. 276–293, Mar. 2021, doi: 10.3390/ejihpe11010021.
- [105] E. P. Fedorova and E. I. Skobleva, “Application of Blockchain Technology in Higher Education,” *Eur. J. Contemp. Educ.*, vol. 9, no. 3, pp. 552–571, 2020.
- [106] M.-F. Steiu, “Blockchain in education: Opportunities, applications, and challenges,” *First Monday*, Aug. 2020, doi: 10.5210/FM.V25I9.10654.
- [107] H. A. Alsobhi, R. A. Alakhtar, A. Ubaid, O. K. Hussain, and F. K. Hussain, “Blockchain-based micro-credentialing system in higher education institutions: Systematic literature review,” *Knowledge-Based Syst.*, vol. 265, p. 110238, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.knosys.2022.110238.
- [108] S. Kishore, J. Chan, U. P. Muthupoltotage, N. Young, and D. Sundaram, “Blockchain-based micro-credentials: Design,

- implementation, evaluation and adoption,” *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, vol. 2020-Janua, no. January, pp. 6846–6854, 2021, doi: 10.24251/hicss.2021.821.
- [109] “FOI - Centar za podršku studentima i razvoj karijera.” <https://cpsrk.foi.hr/> (accessed Nov. 13, 2024).
- [110] “FonBoard.” <https://fonboard.fon.bg.ac.rs/> (accessed Nov. 13, 2024).
- [111] A. Miletic, R. Stamenkovic, D. Barac, M. Despotovic-Zrakic, and M. Simic, “Extending Marketplace Business Model in Academia: A Case of FONBoard,” *ICSBT Int. Conf. Smart Bus. Technol.*, vol. 2023-July, pp. 66–72, 2023, doi: 10.5220/0012093900003552.
- [112] “Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK).” <https://www.computer.org/education/bodies-of-knowledge/software-engineering> (accessed Nov. 13, 2024).
- [113] H. Washizaki, “Guide to the Software Engineering Body of Knowledge v4.0.” IEEE Computer Society, 2025.
- [114] A. A. Kulik, P. V. Lazareva, N. V. Ippolitova, A. E. Egorova, and O. Y. Nedorezova, “Competency-based approach and competencies in higher education: a theoretical review,” *Propósitos y Represent.*, vol. 8, no. SPE2, 2020, doi: 10.20511/pyr2020.v8nspe2.645.
- [115] B. Oliver, “Micro-credentials: A learner value framework,” *J. Teach. Learn. Grad. Employab.*, vol. 12, no. 1, pp. 48–51, 2021, doi: 10.21153/JTLGE2021VOL12NO1ART1456.
- [116] A. Antonaci, P. Henderikx, and G. Ubachs, “The Common Microcredentials Framework for MOOCs and Short Learning Programmes,” *J. Innov. Polytech. Educ.*, vol. 3, no. 1, pp. 5–9, 2021, doi: 10.69520/jipe.v3i1.89.
- [117] K. Ahsan, S. Akbar, B. Kam, and M. Dan-Asabe Abdulrahman, “Implementation of micro-credentials in higher education: A systematic literature review,” *Educ. Inf. Technol.*, vol. 28, pp. 13505–13540, 2023, doi: 10.1007/s10639-023-11739-z.
- [118] S. Varadarajan, J. H. L. Koh, and B. K. Daniel, “A systematic review of the opportunities and challenges of micro-credentials for multiple stakeholders: learners, employers, higher education institutions and government,” *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.*, vol. 20, no. 1, pp. 1–24, Dec. 2023, doi: 10.1186/S41239-023-00381-X/FIGURES/3.
- [119] M. Tanriverdi, “PublicEduChain: A Framework for Sharing Student-Owned Educational Data on Public Blockchain Network,” *IEEE Access*, vol. 12, no. March, pp. 51772–51785, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3385660.
- [120] European Commission, *A European approach to micro-credentials final report: Output of the micro-credentials higher education consultation group*, no. December. 2020. doi: 10.2766/50302.
- [121] M. Alenezi and M. Akour, “Unlocking Lifelong Learning: A Framework for Integrating Microcredentials in Higher Education”, [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=4729887>
- [122] D. Ropes, “Management competencies anno 2025: Consequences for higher education,” *High. Educ. Ski. Work. Learn.*, vol. 5, no. 3, pp. 258–270, 2015, doi: 10.1108/HESWBL-12-2014-0061.
- [123] R. Palan, *Competency Management - A Practitioner's Guide*. Specialist Management Resources Sdn Bhd, 2003. doi: 10.1007/978-981-13-7972-7_3.
- [124] P. Rózewski and B. Małachowski, “Competence management in knowledge-based organisation: Case study based on higher education organisation,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 5914 LNAI, pp. 358–369, 2009, doi: 10.1007/978-3-642-10488-6_35.
- [125] G. G. Gachino and G. B. Worku, “Learning in higher education: towards knowledge, skills and competency acquisition,” *Int. J. Educ. Manag.*, vol. 33, no. 7, pp. 1746–1770, 2019, doi: 10.1108/IJEM-10-2018-0303.
- [126] O. Zlatkin-Troitschanskaia, R. J. Shavelson, and C. Kuhn, “The international state of research on measurement of competency in higher education,” *Stud. High. Educ.*, vol. 40, no. 3, pp. 393–411, 2015, doi: 10.1080/03075079.2015.1004241.
- [127] S. A. Fincher and A. V. Robins, *The Cambridge Handbook of Computing Education Research*. 2019. doi: 10.1017/9781108654555.
- [128] S. Panda and N. Kaur, “Beyond Degrees: Navigating the Digital Frontier in Higher Education Credentialing,” *Univ. News*, vol. 61, no. 43, pp. 43–53, 2023, doi: 10.5281/zenodo.10052788.
- [129] E. Wolz, M. Gottlieb, and H. Pongratz, “Digital Credentials in Higher Education Institutions: A Literature Review,” *Lect. Notes Inf. Syst. Organ.*, vol. 48 LNISO, pp. 125–140, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-86800-0_9.
- [130] I. G. Ovchinnikova *et al.*, “Elaboration of a frame model for intensification and managing requirements to learning outcomes in regional systems of continuing professional education,” *Int. Rev. Manag. Mark.*, vol. 6, no. 2, pp. 190–197, 2016.
- [131] J. Caspersen, N. Frølich, and J. Muller, “Higher education learning outcomes – Ambiguity and change in higher education,” *Eur. J. Educ.*, vol. 52, no. 1, pp. 8–19, 2017, doi: 10.1111/ejed.12208.
- [132] R. E. West, T. Newby, Z. Cheng, A. Erickson, and K. Clements, “Acknowledging All Learning: Alternative, Micro, and Open Credentials,” *Handb. Res. Educ. Commun. Technol. Learn. Des. Fifth Ed.*, pp. 593–613, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-36119-8_27.
- [133] Cred4Teach, “Nacionalni okvir za mikro- kredencijale (MC) Crna Gora,” no. Mc.
- [134] A. Mikroyannidis, J. Domingue, M. Bachler, and K. Quick, “Smart Blockchain Badges for Data Science Education,” *Proc. - Front. Educ. Conf. FIE*, vol. 2018-Octob, no. July, 2018, doi: 10.1109/FIE.2018.8659012.
- [135] A. Mikroyannidis, A. Third, and J. Domingue, “A case study on the decentralisation of lifelong learning using blockchain technology,” *J. Interact. Media Educ.*, vol. 2020, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: 10.5334/jime.591.
- [136] “European project MICROBOL Micro-credentials linked to the Bologna Key Commitments Common Framework for Micro-credentials in the EHEA,” 2022.
- [137] Hanne Shapiro Futures, Tine Andersen, and Kristine Nedergaard Larsen, “A EUROPEAN APPROACH TO MICRO-

- CREDENTIALS FINAL REPORT,” 2020. doi: 10.2766/50302.
- [138] H. Pirkkalainen, I. Sood, C. Padron Napoles, A. Kukkonen, and A. Camilleri, “How might micro-credentials influence institutions and empower learners in higher education?,” *Educ. Res.*, vol. 65, no. 1, pp. 40–63, 2023, doi: 10.1080/00131881.2022.2157302.
 - [139] L. Wheelahan and G. Moodie, “Analysing micro-credentials in higher education: a Bernsteinian analysis,” *J. Curric. Stud.*, vol. 53, no. 2, pp. 212–228, 2021, doi: 10.1080/00220272.2021.1887358.
 - [140] M. Brown, R. McGreal, and M. Peters, “A Strategic Institutional Response to Micro-Credentials: Key Questions for Educational Leaders,” *J. Interact. Media Educ.*, vol. 2023, no. 1, 2023, doi: 10.5334/JIME.801.
 - [141] R. McGreal and D. Olcott, “A strategic reset: micro-credentials for higher education leaders,” *Smart Learn. Environ.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–23, Dec. 2022, doi: 10.1186/S40561-022-00190-1/TABLES/1.
 - [142] Digital Promise, “Designing a process for micro-credentials at scale,” 2016, [Online]. Available: <https://digitalpromise.dspacedirect.org/handle/20.500.12265/40>
 - [143] R. Orman, E. Şimşek, and M. A. Kozak Çakır, “Micro-credentials and reflections on higher education,” *High. Educ. Eval. Dev.*, vol. 17, no. 2, pp. 96–112, Nov. 2023, doi: 10.1108/HEED-08-2022-0028.
 - [144] L. Mainetti, R. Paiano, M. Pedone, M. Quarta, and E. Dervishi, “Digital Brick: Enhancing the Student Experience Using Blockchain, Open Badges and Recommendations,” *Educ. Sci.*, vol. 12, no. 8, 2022, doi: 10.3390/educsci12080567.
 - [145] M. Turkanovic, M. Holbl, K. Kosic, M. Hericko, and A. Kamisalic, “EduCTX: A Blockchain-Based Higher Education Credit Platform,” *IEEE Access*, vol. 6, no. March, pp. 5112–5127, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2789929.
 - [146] M. Holbl, A. Kamisalic, M. Turkanovic, M. Kompara, B. Podgorelec, and M. Hericko, “EduCTX: An Ecosystem for Managing Digital Micro-Credentials,” in *2018 28th EAEEIE Annual Conference (EAEEIE)*, IEEE, Sep. 2018, pp. 1–9. doi: 10.1109/EAEEIE.2018.8534284.
 - [147] C. L. Lim, P. K. Nair, M. J. Keppell, N. Hassan, and E. Ayub, “Developing a framework for the university-wide implementation of micro-credentials and digital badges: A case study from a Malaysian private university,” *2018 IEEE 4th Int. Conf. Comput. Commun. ICCC 2018*, pp. 1715–1719, 2018, doi: 10.1109/CompComm.2018.8780706.
 - [148] M. Choi, S. R. Kiran, S. C. Oh, and O. Y. Kwon, “Blockchain-based badge award with existence proof,” *Appl. Sci.*, vol. 9, no. 12, pp. 1–19, 2019, doi: 10.3390/app9122473.
 - [149] V. Chukowry, G. Nanuck, and R. K. Sungkur, “The future of continuous learning–Digital badge and microcredential system using blockchain,” *Glob. Transitions Proc.*, vol. 2, no. 2, pp. 355–361, 2021, doi: 10.1016/j.gltp.2021.08.026.
 - [150] A. Ghonim and I. Corpuz, “Moving Toward A Digital Competency-based Approach in Applied Education: Developing a System Supported by Blockchain to Enhance Competency-Based Credentials,” *Int. J. High. Educ.*, vol. 10, no. 5, p. 33, 2021, doi: 10.5430/ijhe.v10n5p33.
 - [151] S. Alam, H. A. Y. Ayoub, R. A. A. Alshaikh, and A. H. H. AL-Hayawi, “A Blockchain-based framework for secure Educational Credentials,” *Turkish J. Comput. Math. Educ.*, vol. 12, no. 10, pp. 5157–5167, 2021, doi: 10.17762/turcomat.v12i10.5298.
 - [152] R. Hudak and A. F. Camilleri, “The Micro- Credential Users ’ Guide,” pp. 1–27, 2018, [Online]. Available: <https://microcredentials.eu/publication/the-micro-credential-users-guide/>
 - [153] M. Tooley and J. Hood, “Harnessing Micro-Credentials for Teacher Growth: A National Review of Early Best Practices,” *New Am.*, no. January, pp. 1–69, 2021, [Online]. Available: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED612409.pdf>
 - [154] V. Holotescu, R. Vasiiu, A. Ternauciu, C. Holotescu, and D. Andone, “Building a Decentralized Education Ecosystem : Politehnica University of Building a Decentralized Education Ecosystem : Politehnica University of Timisoara ’ s Pioneering Blockchain Initiatives,” no. October, 2024.
 - [155] P. Kiiskilä, O. Hylli, and H. Pirkkalainen, “HOW CAN EUROPEAN BLOCKCHAIN SERVICES INFRASTRUCTURE BE USED FOR MANAGING EDUCATIONAL DIGITAL CREDENTIALS?,” in *14th Scandinavian Conference on Information Systems*, 2023. [Online]. Available: <https://aisel.aisnet.org/scis2023>
 - [156] A. Dinu and P. C. Vasile, “Shaping the educational landscape: the rise and potential of Verifiable Credentials in higher education,” *Proc. Int. Conf. Virtual Learn.*, vol. 18, pp. 123–132, 2023, doi: 10.58503/icvl-v18y202310.
 - [157] N. H. C. Ahmat, M. A. A. Bashir, A. R. Razali, and S. Kasolang, “Micro-Credentials in Higher Education Institutions: Challenges and Opportunities,” *Asian J. Univ. Educ.*, vol. 17, no. 3, pp. 281–290, 2021, doi: 10.24191/ajue.v17i3.14505.
 - [158] G. Tamoliune, R. Greenspon, M. Tereseviciene, A. Volungeviciene, E. Trepule, and E. Dauksiene, “Exploring the potential of micro-credentials: A systematic literature review,” *Front. Educ.*, vol. 7, no. January, pp. 1–15, 2023, doi: 10.3389/feduc.2022.1006811.
 - [159] A. Mikroyannidis, A. Third, and J. Domingue, “Blockchain-based decentralised micro-accreditation for lifelong learning,” *Interact. Learn. Environ.*, pp. 1–15, 2024, doi: 10.1080/10494820.2024.2401485.
 - [160] L. Popovski and G. Soussou, “A Brief History of Blockchain,” 2018. Accessed: Feb. 21, 2025. [Online]. Available: <https://pbwt2.gjassets.com/content/uploads/2018/05/010051804-Patterson2.pdf>
 - [161] X. Liu, B. Farahani, and F. Firouzi, “Distributed Ledger Technology,” *Intell. Internet Things From Device to Fog Cloud*, pp. 393–431, Jan. 2020, doi: 10.1007/978-3-030-30367-9_8.
 - [162] Z. Bogdanović, B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, D. Barać, A. Labus, and T. Naumović, “BLOKCHAIN TECHNOLOGIES: CURRENT STATE AND PERPECTIVES,” *Zb. Rad. Međunarodne naučne Konf. o Digit. Ekon. DIEC*, vol. 2, no. 2, pp. 1–12, 2019.
 - [163] 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.

- [164] Z. Zheng *et al.*, “An Overview on Smart Contracts: Challenges, Advances and Platforms,” Dec. 2019, doi: 10.1016/j.future.2019.12.019.
- [165] Fawolé John, Malanii Oleh, and Ciattaglia Luciano, “Types Of Consensus Mechanisms In Blockchain - Hacken,” 2024. <https://hacken.io/discover/consensus-mechanisms/> (accessed Feb. 21, 2025).
- [166] 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.
- [167] F. Yang, W. Zhou, Q. Wu, R. Long, N. N. Xiong, and M. Zhou, “Delegated proof of stake with downgrade: A secure and efficient blockchain consensus algorithm with downgrade mechanism,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 118541–118555, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2935149.
- [168] M. A. Manolache, S. Manolache, and N. Tapus, “Decision Making using the Blockchain Proof of Authority Consensus,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 199, pp. 580–588, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.PROCS.2022.01.071.
- [169] S. N. Khan, F. Loukil, C. Ghedira-Guegan, E. Benkhelifa, and A. Bani-Hani, “Blockchain smart contracts: Applications, challenges, and future trends,” *Peer-to-Peer Netw. Appl.*, vol. 14, no. 5, pp. 2901–2925, 2021, doi: 10.1007/s12083-021-01127-0.
- [170] M. Di Angelo and G. Salzer, “Tokens, Types, and Standards: Identification and Utilization in Ethereum,” *Proc. - 2020 IEEE Int. Conf. Decentralized Appl. Infrastructures, DAPPS 2020*, pp. 1–10, 2020, doi: 10.1109/DAPPS49028.2020.00001.
- [171] L. Oliveira, I. Bauer, L. Zavolokina, and G. Schwabe, “To token or not to token: Tools for understanding blockchain tokens,” *Int. Conf. Inf. Syst. 2018, ICIS 2018*, no. October, 2018.
- [172] W. Mougayar, “Tokenomics — A Business Guide to Token Usage, Utility and Value ,” *Medium*, 2017. <https://medium.com/@wmougayar/tokenomics-a-business-guide-to-token-usage-utility-and-value-b19242053416> (accessed Mar. 03, 2025).
- [173] F. Glatz, “A Blockchain Token Taxonomy,” *Medium*, Sep. 2016. <https://heckerhut.medium.com/a-blockchain-token-taxonomy-fadf5c56139a> (accessed Mar. 03, 2025).
- [174] “Token Standards.” <https://ethereum.org/en/developers/docs/standards/tokens/> (accessed Mar. 03, 2025).
- [175] “All | Ethereum Improvement Proposals.” <https://eips.ethereum.org/all> (accessed Mar. 03, 2025).
- [176] W. Rehman, Hijab e Zainab, J. Imran, and N. Z. Bawany, “NFTS: Applications and challenges,” *2021 22nd Int. Arab Conf. Inf. Technol. ACIT 2021*, no. January 2022, 2021, doi: 10.1109/ACIT53391.2021.9677260.
- [177] V. Despotovic, D. Bjelica, and D. Barać, “Analysis of potential NFT applications,” *E-bus. Technol. Conf. Proc.*, vol. 2, no. 1, pp. 103–107, 2022, [Online]. Available: <https://ebt.rs/journals/index.php/conf-proc/article/view/136>
- [178] H. Taherdoost, “Non-Fungible Tokens (NFT): A Systematic Review,” *Inf.*, vol. 14, no. 1, 2023, doi: 10.3390/info14010026.
- [179] “Getting Started — Bitcoin.” <https://developer.bitcoin.org/> (accessed Feb. 19, 2025).
- [180] S. Nakamoto, “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, Accessed: Mar. 04, 2025. [Online]. Available: www.bitcoin.org
- [181] “Ethereum development documentation.” <https://ethereum.org/en/developers/docs/> (accessed Mar. 04, 2025).
- [182] “Ethereum Whitepaper.” <https://ethereum.org/en/whitepaper/> (accessed Mar. 04, 2025).
- [183] “Comparing Hyperledger Fabric and Hyperledger Besu: A Deep Dive.” <https://www.kaleido.io/blockchain-blog/comparing-hyperledger-fabric-and-hyperledger-besu> (accessed Mar. 04, 2025).
- [184] “A Blockchain Platform for the Enterprise — Hyperledger Fabric Docs main documentation.” <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-2.5/> (accessed Mar. 04, 2025).
- [185] “Welcome | Besu documentation.” <https://besu.hyperledger.org/> (accessed Feb. 19, 2025).
- [186] Y. Baskar, “Hyperledger Besu Explained ,” *Medium*, 2023. <https://medium.com/@yukeshbaski/hyperledger-besu-explained-bc5d37279ab2> (accessed Mar. 04, 2025).
- [187] “Polygon technology.” <https://polygon.technology/> (accessed Mar. 04, 2025).
- [188] “What Is Polygon Blockchain: Benefits and Use Cases.” <https://www.debutinfotech.com/blog/polygon-blockchain-benefits-and-use-cases> (accessed Mar. 04, 2025).
- [189] “Stats & Facts | Tezos.” <https://tezos.com/stats/> (accessed Mar. 04, 2025).
- [190] L. M. Goodman, “Tezos-a self-amending crypto-ledger White paper,” 2014.
- [191] “Learn how the Solana blockchain works | Solana.” <https://solana.com/docs> (accessed Mar. 03, 2025).
- [192] “How the Solana Ecosystem is Offsetting Its Energy Impact: September 2024 | Solana.” <https://solana.com/en/news/energy-use-report-september-2024> (accessed Mar. 03, 2025).
- [193] X. Li, X. Wang, T. Kong, J. Zheng, and M. Luo, “From Bitcoin to Solana-Innovating Blockchain towards Enterprise Applications”.
- [194] A. O. Bada, A. Damianou, C. M. Angelopoulos, and V. Katos, “Towards a Green Blockchain: A Review of Consensus Mechanisms and their Energy Consumption”.
- [195] “ethereum · GitHub.” <https://github.com/ethereum> (accessed Feb. 19, 2025).
- [196] “Home | Solidity Programming Language.” <https://soliditylang.org/> (accessed Feb. 19, 2025).
- [197] “QualiChain · GitHub.” <https://github.com/QualiChain/> (accessed Feb. 19, 2025).
- [198] “Blockcerts : The Open Standard for Blockchain Credentials.” <https://www.blockcerts.org/> (accessed Feb. 19, 2025).
- [199] “Digital Credential Network Powered by Canvas Credentials.” <https://badgr.com/> (accessed Feb. 19, 2025).

- [200] "The Ultimate Crypto Wallet for DeFi, Web3 Apps, and NFTs | MetaMask." <https://metamask.io/> (accessed Feb. 19, 2025).
- [201] "EBSI Verifiable Credentials - EBSI -." <https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/sites/display/EBSI/EBSI+Verifiable+Credentials> (accessed Feb. 18, 2025).
- [202] "Verifiable Credentials Data Model v2.0." <https://www.w3.org/TR/vc-data-model-2.0/> (accessed Feb. 19, 2025).
- [203] "How OpenID Connect Works - OpenID Foundation." <https://openid.net/developers/how-connect-works/> (accessed Feb. 19, 2025).
- [204] "Identity wallet infrastructure — walt.id." <https://walt.id/wallet-infrastructure> (accessed Feb. 19, 2025).
- [205] M. S. Ferdous, F. Chowdhury, and M. O. Alassafi, "In Search of Self-Sovereign Identity Leveraging Blockchain Technology," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 103059–103079, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2931173.
- [206] "Conformant wallets - EBSI -." <https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/sites/display/EBSI/Conformant+wallets> (accessed Feb. 19, 2025).
- [207] A. Third and J. Domingue, "LinkChains: Exploring the space of decentralised trustworthy Linked Data," *CEUR Workshop Proc.*, vol. 1934, 2017.
- [208] A. Third and J. Domingue, "LinkChains: Trusted personal linked data," *CEUR Workshop Proc.*, vol. 2599, pp. 2–3, 2019.
- [209] "What are Ethereum Layer-2 blockchains and how do they work? | Coinbase." <https://www.coinbase.com/learn/crypto-basics/what-are-ethereum-layer-2-blockchains-and-how-do-they-work> (accessed Mar. 04, 2025).
- [210] "What is Turing-Complete?" <https://blog.defichain.com/what-is-turing-complete/> (accessed Mar. 04, 2025).

3. POLAZNE HIPOTEZE

Na osnovu definisanog predmeta i ciljeva istraživanja, u doktorskoj disertaciji biće ispitane sledeće hipoteze:

H.1 Predloženi model za upravljanje mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju doprinosi boljoj verifikaciji i priznavanju kompetencija stečenih kroz neformalno obrazovanje i pomaže u razvoju karijere i procesu zapošljavanja studenata.

H.2 Predloženi model za upravljanje mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju omogućava efektivnu integraciju kompetencija studenata stečenih kroz formalne i neformalne oblike obrazovanja.

H.3 Adekvatan balans između anonimnosti i transparentnosti na blokčejn mreži pozitivno utiče na spremnost stejkholdera za prihvatanje decentralizovanog sistema za upravljanje kompetencijama i mikrokredencijalima studenata visokoškolskih ustanova.

H.4 Primena blokčejn tehnologija u upravljanju mikrokredencijalima studenata može da doprinese transparentnosti i integritetu informacija o kompetencijama i mikrokredencijalima studenata, uz odgovorno upravljanje ličnim podacima.

H.5 Intergracijom razvijenog modela upravljanja mikrokredencijalima sa sistemima za upravljanje učenjem unapređuje se proces praćenja i validacije kompetencija studenata.

4. NAUČNE METODE ISTRAŽIVANJA

Tokom istraživanja i izrade ove disertacije biće korišćene različite metode za prikupljanje, sistematizaciju i analizu literature i dosadašnjih rezultata, prikupljanje podataka i sprovođenje istraživanja kao i za analizu i verifikaciju dobijenih rezultata. Pre svega, korišće se metoda analize i sinteze postojećih naučnih rezultata u oblasti upravljanja mikrokredencijalima u visokoškolskim ustanovama upotrebom veb3 i blokčejn tehnologija, kao i statistička, hipotetičko-deduktivna i analitičko-deduktivna metoda. Analizom i sintezom postojećih naučnih rezultata biće definisani osnovni teorijski koncepti relevantni za oblast istraživanja. Metoda modeliranja koristiće se za razvoj modela i metodološkog postupka za praćenje kompetencija studenata i upravljanje mikrokredencijalima baziran na decentralizovanim sistemima. Biće korišćene metode modeliranja poslovnih procesa (*BPMN*) za projektovanje modela komunikacije i saradnje između stejkholdera, kao i za modelovanje pametnih ugovora. Hipotetičko-deduktivna i analitičko-deduktivna metoda koristiće se za ispitivanje hipoteza 1 i 2, kroz sprovođenje istraživanja u okviru koga će biti prikupljeni i analizirani primarni podaci o mišljenjima, stavovima i potrebama stejkholdera. Podaci će

biti prikupljeni anketiranjem i intervjuisanjem stejkholdera, i analizirani standardnim statističkim metodama.

Hipoteze 3, 4 i 5 biće ispitane kroz empirijsko istraživanje u okviru koga će biti izvršena implementacija i evaluacija razvijenog modela za praćenje kompetencija studenata i upravljanje mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju zasnovanog na blokčejn tehnologijama. Eksperiment će biti sproveden korišćenjem decentralizovane platforme za praćenje kompetencija i upravljanje mikrokredencijalima studenata, namenski razvijene za potrebe ovog istraživanja. Razvoj softverskog sistema biće zasnovan na standardnim metodama za razvoj decentralizovanih softverskih rešenja, SWEBOK preporukama i smernicama. Razvijeni sistem će omogućiti svim stejkholderima pristup podacima o sticanju kompetencija, izdavanju i verifikaciji mikrokredencijala u visokoškolskom obrazovanju. Prilikom analiziranja prikupljenih podataka koristiće se statističke metode za pripremu, obradu i analizu podataka. Za dalje analize i vizuelizaciju rezultata istraživanja biće korišćeni specijalizovani softverski alati. Rezultati istraživanja biće predstavljeni tekstualno i grafički, kroz mnogobrojne slike, dijagrame i tabele sa uporednim rezultatima. Dobijeni rezultati eksperimenta bi trebalo da potvrde postavljene hipoteze.

Istraživanje je multidisciplinarno i obuhvata oblasti razvoja softvera, elektronskog poslovanja, upravljanja kompetencijama, menadžmenta, elektronskog i visokoškolskog obrazovanja, i druge.

5. OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

Najznačajniji doprinos predloženog istraživanja i ove disertacije se ogleda u definisanju inovativnog i sveobuhvatnog pristupa za upravljanje mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju zasnovanog na blokčejn tehnologijama i decentralizovanim sistemima, koji omogućava otvoren pristup informacijama o stečenim kompetencijama i mikrokredencijalima studenata svim zainteresovanim stranama.

Očekivani naučni doprinosi ogledaju se u:

- razvoju formalnog modela za upravljanje mikrokredencijalima stečenim kroz neformalno učenje, sa fokusom na njihovu validaciju, priznavanje i integraciju u sistem visokog obrazovanja i na tržište rada;
- komparativnoj analizi pristupa za upravljanje kredencijalima i mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju u cilju identifikacije najboljih praksi i stvaranja preporuka za unapređenje regulative u domenu visokog obrazovanja;
- identifikaciji i analizi procesa upravljanja mikrokredencijalima, uključujući sticanje, izdavanje, deljenje i održavanje, uz definisanje njihovih međusobnih relacija i interakcije u digitalnom ekosistemu visokog obrazovanja.
- modelu integracije sistema za upravljanje mikrokredencijalima zasnovanog na blokčejn tehnologijama sa sistemima za e-obrazovanje;
- modelovanju odnosa između različitih stejkholdera u procesu upravljanja mikrokredencijalima, uključujući studente, nastavno i nenastavno osoblje, visokoobrazovne institucije, sertifikacione organizacije i poslodavce
- razvoju metodoloških postupaka i metrika za ocenu performansi razvijenog modela.

Najznačajniji stručni doprinos disertacije na predložnoj disertaciji je realizacija decentralizovanog sistema za praćenje kompetencija i upravljanje mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju. Stručni doprinosi koji se očekuju u toku realizacije ovog decentralizovanog sistema su:

- Pregled i analiza tehnologija potrebnih za implementaciju, sa fokusom na koncepte decentralizovanih sistema i blokčejn tehnologija;
- Razvoj modela pametnih ugovora za izdavanje i verifikaciju mikrokredencijala u visokoškolskom obrazovanju;
- Razvoju softverskog sistema za upravljanje mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju;

- Razvoju blokčejn mreže za povezivanje stejkholdera i verifikaciju transakcija u sistemu za upravljanje mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju;
- Ispitivanju mogućnosti za primenu razvijenog modela;
- Primena razvijenog modela pametnih ugovora i celokupnog decentralizovanog softverskog sistema za upravljanje mikrokredencijalima.

Društveni doprinosi rezultata istraživanja odnose se na:

- Efikasno upravljanje mikrokredencijalima studenata u visokoškolskim ustanovama;
- Brz i transparentan pristup informacijama o stečenim studentskim kompetencijama i mikrokredencijalima;
- Unapređenje procesa zapošljavanja kroz bolju informisanost potencijalnih poslodavaca o kompetencijama studenata;
- Unapređenje procesa priznavanja stečenih kredencijala i mikrokredencijala u međunarodnom okruženju;

Doprinos široj diseminaciji informacija o blokčejn tehnologijama i decentralizovanim modelima elektronskog obrazovanja.

6. PLAN ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA RADA

U sledećoj tabeli prikazane su ključne faze i zadaci daljeg istraživanja tokom izrade doktorske disertacije:

	Faza	Zadatak	Metode, tehnike, standardi
1.	Analiza postojećeg stanja i dosadašnjih rezultata istraživanja	- Prikupljanje informacija i analiza postojećeg stanja, kao i dosadašnjih rezultata istraživanja - Sistematizacija rezultata dosadašnjih istraživanja	- Pretraživanje naučne literature - Pretraživanje indeksnih baza podataka - Pretraživanje stručne literature - Pretraživanje internet sadržaja - Studije slučaja - Komparativna analiza
2.	Razvoj modela i metodoloških postupaka	- Modeliranje poslovnih procesa - Modeliranje procesa upravljanja kredencijalima u visokoškolskom obrazovanju - Modeliranje podataka - Modeliranje blokčejn mreže - Modeliranje pametnih ugovora za izdavanja i verifikaciju mikrokredencijala u visokoškolskom obrazovanju, - Modeliranje komponenti decentralizovanog sistema za upravljanje mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju	- Opšte metode modeliranja - Metode modeliranja podataka - Blokčejn protokoli, konsenzus algoritmi, pametni ugovori. - Metode modelovanja pametnih ugovora - Metode modelovanja poslovnih procesa

3.	Razvoj softverskog sistema	- Definisanje zahteva decentralizovanog softverskog sistema sa upravljanje mikrokredencijalima - Razvoj modela slučajeve korišćenja - Analiza i projektovanje decentralizovanog softverskog sistema za upravljanje kredencijalima u visokoškolskom obrazovanju - Razvoj korisničkog interfejsa - Testiranje i verifikacija softverskih komponenti - Kontinuirano održavanje softverskog sistema	- Metode projektovanja softvera. - Metode razvoja i testiranja softvera. - Python programski jezik - JavaScript i TypeScript skriptni jezici - Veb servisi, REST - Blokčejn platforma
4.	Primena modela, evaluacija i analiza rezultata	- Primena razvijenog pristupa u obrazovnom okruženju. - Merenje obrazovnih i tehničkih indikatora performansi. - Analiza rezultata primene.	- Metode upravljanja mikrokredencijalima - Metode izdavanja i varifikacije mikrokredencijala - Metode upravljanja procesom analize podataka - Verifikacija i validacija - Statističke metode
5.	Zaključak	- Diskusija dobijenih rezultata, - Formulisanje implikacija za različite stejkholdere - Predlog budućeg istraživanja	- Analiza - Sinteza

FAZA	MESEC											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1												
2												
3												
4												
5												

Okvirno, strukturu doktorske disertacije sačinjavala bi sledeća poglavlja:

1. Uvod
 - 1.1. Definisanje predmeta istraživanja
 - 1.2. Ciljevi istraživanja
 - 1.3. Polazne hipoteze
 - 1.4. Metodologija istraživanja
 - 1.5. Struktura i organizacija rada
2. Upravljanje kompetencijama i mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju
 - 2.1. Pojam i upravljanje kompetencijama
 - 2.2. Pedagoški pristupi za sticanje kompetencija u visokoškolskom obrazovanju

- 2.3. Prepoznavanje i validacija stečenih kompetencija
- 2.4. Upravljanje kredencijalima i mikrokredencijalima
- 3. Primena blokčejn tehnologije u obrazovanju
 - 3.1. Blokčejn koncepti
 - 3.2. Konsenzus algoritmi
 - 3.3. Analiza blokčejn platformi
 - 3.4. Pametni ugovori
 - 3.5. Analiza primene blokčejn tehnologija u visokoškolskom obrazovanju
 - 3.6. Analiza primene blokčejn tehnologija u upravljanju mikrokredencijalima
- 4. Razvoj modela za upravljanje mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju primenom blokčejn tehnologija
 - 4.1. Analiza postojećih modela
 - 4.2. Analiza okvira kompetencija relevantnih za istraživanje
 - 4.3. Modelovanje decentralizovanog sistema za upravljanje kompetencijama i mikrokredencijalima
 - 4.4. Modelovanje poslovnih procesa
 - 4.5. Modelovanje podataka
 - 4.6. Modelovanje infrastrukture i arhitekture decentralizovanog sistema
 - 4.7. Modeliranje metrika za ocenu performansi razvijenog modela
 - 4.8. Metodološki postupak primene i evaluacije razvijenog sistema
- 5. Implementacija i primena razvijenog modela
 - 5.1. Projektovanje softverskog sistema
 - 5.2. Razvoj pametnih ugovora za upravljanje kompetencijama i mikrokredencijalima
 - 5.3. Razvoj decentralizovanog sistema za upravljanje kompetencijama i mikrokredencijalima
 - 5.4. Evaluacija primene razvijenog softverskog sistema
- 6. Naučni doprinosi
- 7. Buduća istraživanja
- 8. Zaključak
- 9. Literatura

7. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Iz izloženog ce može zaključiti da kandidatkinja Tamara Naumović, mast. inž. ispunjava sve uslove predviđene Zakonom o visokom obrazovanju za odobrenje izrade doktorske disertacije pod naslovom “Upravljanje mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju zasnovano na blokčejn tehnologijama“. Kandidatkinja Tamara Naumović poseduje neophodna znanja iz informacionih sistema i tehnologija, internet tehnologija, blokčejn tehnologija i elektronskog poslovanja za uspešan rad na doktorskoj disertaciji. Tema pripada užoj naučnoj oblasti Elektronsko poslovanje, multidisciplinarna je i aktuelna.

Razvijeni model i predloženi sistem upravljanja mikrokredencijalima doprineće unapređenju postojećih pristupa u dizajniranju, implementaciji i verifikaciji kvalifikacija, osiguravajući veću transparentnost, sigurnost i interoperabilnost u obrazovnim i profesionalnim okvirima. Pored tehnološkog doprinosa, rezultati ovog istraživanja omogućiće formalizaciju procesa sticanja, izdavanja, deljenja i održavanja mikrokredencijala, unapređujući primenu digitalnih rešenja za upravljanje kompetencijama i mikrokredencijalima u visokom obrazovanju i sistemu celoživotnog učenja.

Na osnovu svega navedenog, komisija predlaže Nastavno-naučnom veću FON-a da prihvati predloženu temu i odobri izradu prijavljene doktorske disertacije kandidatkinje Tamare Naumović pod nazivom „Upravljanje mikrokredencijalima u visokoškolskom obrazovanju zasnovano na blokčejn tehnologijama“. Za mentora doktorske disertacije predlaže se dr Dušan Barać, redovni profesor Fakulteta organizacionih nauka, Univerziteta u Beogradu.

ČLANOVI KOMISIJE:

dr Dušan Barać, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu - Fakulteta organizacionih nauka

dr Marijana Despotović – Zrakić, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu - Fakulteta organizacionih nauka

dr Marko Mihić, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu - Fakulteta organizacionih nauka

dr Katarina Pažur Aničić, vanredni profesor
Fakulteta organizacije i informatike,
Univerzitet u Zagrebu, Varaždin

U Beogradu, 07.04.2025.