

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат комисије о оцени докторске дисертације кандидата Иване Петковски, мастер инжењер менаџмента

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-18-11 од 28. марта 2024. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације Иване Петковски под насловом:

„Структурирање фактора развоја дигиталног друштва применом машинског учења“.

Након прегледа достављене докторске дисертације и других пратећих докумената, као и разговора са кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- **Дана 17.10.2023. године**, кандидаткиња Ивана Петковски, мастер инжењер менаџмента, поднела је пријаву предлога теме докторске дисертације, заведене под бројем VI-1/10-236, Катедри за менаџмент, Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду. Даље, Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, предложена је комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације кандидаткиње Иване Петковски.
- **Дана 02.11.2023. године**, Наставно-научно веће Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, донело је одлуку број VI/4-13-13, о именовању Комисије за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације кандидаткиње Иване Петковски.
- **Дана 30.11.2023. године**, одлуком број VI/4-14-6, Наставно-научно веће Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, прихватило је Извештај Комисије о научној заснованости теме за израду докторске дисертације. При чему, за ментора је

именована др Исидора Милошевић, редовни професор Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду.

- Дана **18.12.2023. године**, Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници број: 61206-4589/2-23, донело је одлуку о давању сагласности на предлог теме за израду докторске дисертације кандидаткиње Иване Петковски, под називом: „Структурирање фактора развоја дигиталног друштва применом машинског учења“.
- Дана **28.3.2024. године**, Наставно-научно веће Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду одлуком број VI/4-18-11, именovalo је Комисију за оцену докторске дисертације кандидаткиње Иване Петковски, под називом: „Структурирање фактора развоја дигиталног друштва применом машинског учења“ у саставу:
 - др Санела Арсић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору, (председница комисије);
 - др Александра Федајев, ванредни професор, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору, (чланица комисије).
 - др Анђелка Стојановић, доцент, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору, (чланица комисије).
 - др Иван Михајловић, редовни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет, (члан комисије).
 - др Лазар Велимировић, виши научни сарадник, Математички институт САНУ, (члан комисије).

1.2. Научна област дисертације

Предмет истраживања у оквиру докторске дисертације припада техничко-технолошкој научној области, односно ужој научној области инжењерског менаџмента.

За ментора је одређена др Исидора Милошевић, редовни професор Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, која је на основу досад објављених радова и истраживачког искуства компетентна да руководи израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидаткињи

Ивана Петковски рођена је у Бору 27.04.1993. године. Економско-трговинску школу у Бору завршила је 2012. године. Основне академске студије на студијском програму *Инжењерски менаџмент*, на Универзитету у Београду, Техничком факултету у Бору завршила је 2016. године и стекла академско звање *Дипломирани инжењер менаџмента*. Мастер академске студије на студијском програму *Инжењерски менаџмент* на Универзитету у Београду, Техничком факултету у Бору завршила је 2017. године и стекла академско звање *Мастер инжењер менаџмента*. Од 2017. године је студент на докторским академским студијама на студијском програму *Инжењерски менаџмент*, на Универзитету у Београду, Техничком факултету у Бору.

Од 2018. године засновала је радни однос на Математичком институту САНУ у Београду, као истраживач-приправник, а од 2020. године ангажована је као истраживач-сарадник. Као истраживач-приправник била је ангажована на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја ИИИ 044006 под називом „Развој нових информационо-комуникационих технологија коришћењем напредних математичких метода, са применама у медицини, телекомуникацијама, енергетици, заштити националне баштине и образовању“.

Члан је Организационог одбора две међународне конференције, и то „International Conference on Science, Technology and Management in Energy“ - eNergetics у периоду од 2018. године до 2023. године, као и конференције „Path to a Knowledge Society-Managing Risks and Innovation“ - PaKSoM у периоду од 2019. године до 2023. године. Од 2015. године, члан је Уређивачког одбора часописа „Engineering Management“, Интернационалног студентског часописа за теорију и праксу менаџмента, ISSN online 2466-2860 који објављује Технички факултет у Бору.

Кандидаткиња Ивана Петковски је аутор и коаутор 24 рада, од којих је један рад публикован у категорији M21a, један рад је публикован у категорији M21, три рада су публикована у категорији M24, петнаест радова је публиковано у зборницима са међународних научних скупова (M30) и четири рада су публикована у оквиру категорије M50.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Иване Петковски под насловом: „Структурирање фактора развоја дигиталног друштва применом машинског учења“, написана је на 170 страна и састоји се од 8 поглавља, почевши од уводних разматрања па све до закључних разматрања, након чега следе литература и биографија кандидаткиње. На крају дисертације су стандардни прилози (Обрасци 5, 6 и 7 из Правилника о докторским студијама на Техничком факултету у Бору).

Садржај дисертације:

- Увод;
- Општа теоријска разматрања о дигитализацији;
- Литературни преглед;
- Фактори дигитализације;
- Методологија истраживања;
- Резултати истраживања;
- Дискусија;
- Закључак;
- Литература;
- Биографија;

Резултати дисертације приказани су на 30 слика и 26 табела. Поглавље Литература садржи податке о 375 извора који су коришћени у сврху израде докторске дисертације.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Поглавље 1: Увод

У првом поглављу докторске дисертације дат је кратак преглед теме истраживања утицајних фактора на развој дигитализације, затим је представљен мотив спровођења оваквог истраживања и дефинисани су предмет и циљ истраживања. Укратко су објашњени истраживачки модели који ће бити анализирани. Прва два истраживачка модела испитују утицај социјалних/образовних, економских, енергетских фактора и еколошких/животне средине фактора на развој дигитализације, док трећи истраживачки модел представља искорак у истраживању и испитује утицај фактора дигитализације, науке и технологије и трговине информационо-комуникационим технологијама (ИКТ) на развој глобализације. Потом су, анализом литературе која се бави испитивањем утицаја наведених фактора на развој дигитализације и глобализације, представљених теоријских основа и истраживачког циља, дефинисане полазне хипотезе.

Поглавље 2: Општа теоријска разматрања о дигитализацији

У оквиру другог поглавља представљена су општа теоријска разматрања о дигитализацији. У почетном делу приказан је историјат развоја ИКТ-а кроз економске циклусе у светској привреди. Уочава се да појава ИКТ у светској привреди датира од 1970. године. Приликом презентовања историјата, јасно је указано на прекретнице у развоју ИКТ-а. Дато је објашњење основних термина који се спомињу у процесу дигитализације, као и кратак преглед њихових предложених дефиниција. Потом је приказана улога дигитализације у друштву, образложени су основни разлози спровођења дигитализације и неке од основних баријера на овом путу. На крају поглавља приказани су најпознатији индекси мерења развоја дигитализације који се тренутно користе у свету.

Поглавље 3: Литературни преглед

У оквиру трећег поглавља презентован је теоријски оквир истраживања. Теоријски оквир се заснива на анализи савремене литературе из академских часописа са импакт фактором и осталих академских часописа. Представљена су истраживања у којима се врши испитивање утицаја различитих фактора на развој дигитализације. Анализирана су истраживања која су спроведена на организационом, националном и интернационалном нивоу. Такође, литературним прегледом су обухваћена истраживања која имплементирају методе машинског учења у процесу анализе развоја дигитализације. На крају, дат је преглед релевантних истраживања на тему утицајних фактора на развој глобализације.

Поглавље 4: Фактори дигитализације

Четврто поглавље састоји се из анализе социјалних/образовних, економских, енергетских и еколошких фактора развоја дигитализације. За сваки фактор представљени су резултати

претходних истраживања спроведених у овој области и идентификоване су везе са процесом развоја дигитализације. Након тога, представљен је тренд развоја глобализације. На крају поглавља, дат је шематски приказ фаза истраживачког рада и формиран су концептуални модели.

Поглавље 5: Методологија истраживања

У оквиру петог поглавља представљен је методолошки оквир истраживања. Размотрене су методе машинског учења као што су: линеарна и нелинеарна регресија, са посебним освртом на полиномску регресију и вештачке неуронске мреже. Затим је дат увод у методе моделовања са фокусом на моделовање структурних једначина у којој је дат опис корелационе и факторске анализе као две веома важне анализе у примени моделовања структурних једначина. На крају поглавља представљена је метода моделовања структурних једначина методом парцијалних најмањих квадрата и дато је објашњење за њену мулти-групну анализу.

Поглавље 6: Резултати истраживања

Резултати истраживања представљени су у оквиру поглавља шест. На почетку поглавља приказани су истраживачки подаци и извори преузимања ових података које чине јавно доступне базе. Истраживачки резултати приказани су за сваки од три модела понаособ. У истраживачком моделу I приказани су резултати моделовања утицаја социјалних, економских, фактора употребе енергије и животне средине на развој дигитализације употребом полиномске нелинеарне регресије и вештачких неуронских мрежа. Истраживачки модел II бави се моделовањем образовних, економских, енергетских и еколошких фактора на развој дигитализације употребом методе моделовања структурних једначина методом парцијалних најмањих квадрата и методе вештачких неуронских мрежа. У истраживачком моделу III анализиран је модел утицаја фактора дигитализације, науке и технологије и трговине информационо-комуникационим технологијама на развој глобализације употребом методе моделовања структурних једначина методом парцијалних најмањих квадрата. У истраживачком моделу III, спроведена је и мулти-групна анализа методом парцијалних најмањих квадрата на основу поделе посматраних земаља на тржишне и транзиционе.

Поглавље 7: Дискусија

У оквиру седмог поглавља приказана је детаљна дискусија сва три истраживачка модела. Добијени резултати модела упоређивани су са резултатима добијеним у сличним истраживањима која се јављају у савременој литератури.

Поглавље 8: Закључак

У поглављу осам презентована су закључна разматрања као и научни допринос дисертације. Након тога, представљена су потенцијална ограничења дисертације и приказани су даљи правци истраживања.

Литература

У оквиру овог поглавља представљена је литература која је коришћена за израду дисертације.

Биографија

У овом поглављу представљена је биографија кандидаткиње као и прилози дисертације у виду следећих изјава:

Изјава 1 – Изјава о ауторству

Изјава 2 – Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Изјава 3 – Изјава о коришћењу

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Дигитална технологија, као веома важна одредница тренутног и будућег глобалног развоја, у великој мери је присутна у свим сферама друштва и привреде. Данашње друштво тежи ка све чешћој употреби дигиталне технологије и овај процес се дефинише као процес дигитализације. Сам процес дигитализације зависи од бројних фактора који обликују тренд дигиталног развоја. Међу њима се налазе бројни друштвени и економски фактори без којих развој и употреба дигиталне технологије не би били могући. Ови фактори су најчешће испитивани у постојећој литератури. Осим ових фактора, развој дигитализације прате и други фактори као што су пораст експлоатације енергетских ресурса који служе за производњу и употребу дигиталне технологије, али и последице по животну средину које су резултат производње и рада ове технологије. Ове озбиљне претње друштву у виду климатских промена и ограничености природних ресурса доводе у питање одрживи развој дигитализације. Све већи број истраживача истиче овај изазов као веома значајан имајући у виду да је дигитална технологија у средишту развоја модерног друштва и привреде. Уз то, дигитализација утиче на глобалну интеграцију и изазива промене постојећих феномена као што је глобализација.

У савременој литератури постоји велики број истраживачких радова који пружају увид у утицај социјалних и економских фактора развоја дигитализације, док се у мањем броју истраживања ови фактори повезују са енергетским и еколошким факторима дигиталног развоја. Истраживање које је приказано у докторској дисертацији има за циљ да пружи увид

у проблем одрживог развоја дигитализације. Фокус истраживања је на превазилажењу одређених ограничења у анализи развоја дигитализације кроз њену повезаност са концептом одрживости што у великој мери доприноси оригиналности истраживања. Додатно, оригиналност истраживања се огледа у формирању модела за мерење утицаја различитих фактора одрживости на развој дигитализације обзиром да у литератури не постоји јединствен мерни инструмент овако дефинисаног проблема. Приликом формирања истраживачких модела I употребљена је метода полиномске регресије трећег степена која се веома ретко користи у оваквим истраживањима сходно томе представља теоријски допринос литератури. Додатно, развој дигитализације је анализиран и кроз њен утицај на развој глобализације применом мулти-групне анализе која сагледава разлике између тржишних и транзиционих земаља према подели коју предлаже Европска банка за обнову и развој.

Савременост и оригиналност ове докторске дисертације су потврђени и кроз објављивање резултата истраживања у релевантним међународним часописима.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Приликом израде докторске дисертације коришћено је 375 литературних извора и то најчешће чланака из истакнутих часописа са импакт фактором новијег датума из релевантне области. Осим тога, коришћена је и литература старијег датума приликом описивања методолошког оквира дисертације. Обим литературе је такав да у потпуности може да пружи релевантну основу за постављање истраживачких хипотеза. Истраживачки радови који су суштински допринели реализацији истраживања и дисертације обухватају:

1. Adeleye, B. N., Adedoyin, F., & Nathaniel, S. (2021). The criticality of ICT-trade nexus on economic and inclusive growth. *Information Technology for Development*, 27(2), 293-313.
2. Afawubo, K., Agbaglah, M., Couchoro, M. K., & Gbandi, T. (2017). Socioeconomic determinants of the mobile money adoption process: The case of Togo. *Cahier de recherche*, 17(03), 1-23.
3. Akinyemi, B. E., & Mushunje, A. (2020). Determinants of mobile money technology adoption in rural areas of Africa. *Cogent Social Sciences*, 6(1), 1815963.
4. Alderete, M. V. (2019). Examining the drivers of internet use among the poor: The case of Bahía Blanca city in Argentina. *Technology in society*, 59, 101179.
5. Antonelli, C., & Tubiana, M. (2023). The rate and direction of technological change and wealth and income inequalities in advanced countries. *Technological Forecasting and Social Change*, 191, 122508.
6. Appiah-Otoo, I., & Song, N. (2021). The impact of ICT on economic growth-Comparing rich and poor countries. *Telecommunications Policy*, 45(2), 102082.
7. Arvin, M. B., Pradhan, R. P., & Nair, M. (2021). Uncovering interlinks among ICT connectivity and penetration, trade openness, foreign direct investment, and economic growth: The case of the G-20 countries. *Telematics and Informatics*, 60, 101567.
8. Aslan, J., Mayers, K., Koomey, J. G., & France, C. (2018). Electricity intensity of internet data transmission: Untangling the estimates. *Journal of industrial ecology*, 22(4), 785-798.

9. Batool, Z., Raza, S. M. F., Ali, S., & Abidin, S. Z. U. (2022). ICT, renewable energy, financial development, and CO2 emissions in developing countries of East and South Asia. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(23), 35025-35035.
10. Bildirici, M. E., Castanho, R. A., Kayıkçı, F., & Genç, S. Y. (2022). ICT, energy intensity, and CO2 emission nexus. *Energies*, 15(13), 4567.
11. Chinn, M. D., & Fairlie, R. W. (2007). The determinants of the global digital divide: a cross-country analysis of computer and internet penetration. *Oxford economic papers*, 59(1), 16-44.
12. Chinn, M. D., & Fairlie, R. W. (2010). ICT use in the developing world: an analysis of differences in computer and internet penetration. *Review of International Economics*, 18(1), 153-167.
13. Cirillo, V., Fanti, L., Mina, A., & Ricci, A. (2023). The adoption of digital technologies: Investment, skills, work organisation. *Structural Change and Economic Dynamics*, 66, 89-105.
14. Corcoran, P., & Andrae, A. (2013). Emerging trends in electricity consumption for consumer ICT. National University of Ireland, Galway, Connacht, Ireland, Tech. Rep.
15. Costantini, V., & Liberati, P. (2014). Technology transfer, institutions and development. *Technological Forecasting and Social Change*, 88, 26-48.
16. de Clercq, M., D'Haese, M., & Buysse, J. (2023). Economic growth and broadband access: The European urban-rural digital divide. *Telecommunications Policy*, 47(6), 102579.
17. Dnishev, F., & Alzhanova, F. (2016). Globalization of technological development and opportunities for national innovation systems of developing countries. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business (JAFEB)*, 3(4), 67-79.
18. Erdal, L., & Göçer, İ. (2015). The effects of foreign direct investment on R&D and innovations: Panel data analysis for developing Asian countries. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 749-758.
19. Fan, P., Urs, N., & Hamlin, R. E. (2019). Rising innovative city-regions in a transitional economy: A case study of ICT industry in Cluj-Napoca, Romania. *Technology in Society*, 58, 101139.
20. Filipescu, D. A., Prashantham, S., Rialp, A., & Rialp, J. (2013). Technological innovation and exports: Unpacking their reciprocal causality. *Journal of International Marketing*, 21(1), 23-38.
21. Forenbacher, I., Husnjak, S., Cvitić, I., & Jovović, I. (2019). Determinants of mobile phone ownership in Nigeria. *Telecommunications Policy*, 43(7), 101812.
22. Godil, D. I., Sharif, A., Agha, H., & Jermsittiparsert, K. (2020). The dynamic nonlinear influence of ICT, financial development, and institutional quality on CO2 emission in Pakistan: new insights from QARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 24190-24200.
23. Goldberg, P. K., & Pavcnik, N. (2007). Distributional effects of globalization in developing countries. *Journal of Economic Literature*, 45(1), 39-82.
24. Grossman, G. M., & Helpman, E. (2015). Globalization and growth. *American Economic Review*, 105(5), 100-104.
25. Hair Jr, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N. P., & Ray, S. (2021). *Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: A workbook* (p. 197). Springer Nature.

26. Hasbi, M., & Dubus, A. (2020). Determinants of mobile broadband use in developing economies: Evidence from Sub-Saharan Africa. *Telecommunications Policy*, 44(5), 101944.
27. Hong, J. P. (2017). Causal relationship between ICT R&D investment and economic growth in Korea. *Technological Forecasting and Social Change*, 116, 70-75.
28. Hounghonon, G. V., Le Quentrec, E., & Rubrichi, S. (2021). Access to electricity and digital inclusion: evidence from mobile call detail records. *Humanities and Social Sciences Communications*, 8(1), 1-11.
29. Ikwaba Paul, D., & Uhomobhi, J. (2013). Solar electricity generation: issues of development and impact on ICT implementation in Africa. *Campus-Wide Information Systems*, 31(1), 46-62.
30. Ivanová, E., Žárská, V., & Masárová, J. (2021). Digitalization and human capital development. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 9(2), 402.
31. Jones, E., & Adam, C. (2023). New frontiers of trade and trade policy: digitalization and climate change. *Oxford Review of Economic Policy*, 39(1), 1-11.
32. Kouton, J. (2019). Information Communication Technology development and energy demand in African countries. *Energy*, 189, 116192.
33. Lera-López, F., Billon, M., & Gil, M. (2011). Determinants of Internet use in Spain. *Economics of Innovation and New Technology*, 20(2), 127-152.
34. Lv, Z., Liu, W., & Xu, T. (2022). Evaluating the impact of information and communication technology on renewable energy consumption: A spatial econometric approach. *Renewable Energy*, 189, 1-12.
35. Ma, Q., Tariq, M., Mahmood, H., & Khan, Z. (2022). The nexus between digital economy and carbon dioxide emissions in China: The moderating role of investments in research and development. *Technology in Society*, 68, 101910.
36. Martínez-Domínguez, M., & Mora-Rivera, J. (2020). Internet adoption and usage patterns in rural Mexico. *Technology in society*, 60, 101226.
37. Matthes, M., & Kunkel, S. (2020). Structural change and digitalization in developing countries: Conceptually linking the two transformations. *Technology in society*, 63, 101428.
38. Miśkiewicz, J., & Ausloos, M. (2010). Has the world economy reached its globalization limit? *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 389(4), 797-806.
39. Moyer, J. D., & Hughes, B. B. (2012). ICTs: do they contribute to increased carbon emissions? *Technological Forecasting and Social Change*, 79(5), 919-931.
40. Nair, M., Pradhan, R. P., & Arvin, M. B. (2020). Endogenous dynamics between R&D, ICT and economic growth: Empirical evidence from the OECD countries. *Technology in Society*, 62, 101315.
41. Njangang, H., Beleck, A., Tadadjeu, S., & Kamguia, B. (2022). Do ICTs drive wealth inequality? Evidence from a dynamic panel analysis. *Telecommunications Policy*, 46(2), 102246.
42. Ozcan, B., & Apergis, N. (2018). The impact of internet use on air pollution: Evidence from emerging countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 4174-4189.
43. Park, C., & Heo, W. (2020). Review of the changing electricity industry value chain in the ICT convergence era. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120743.
44. Peckov, A. (2012). A machine learning approach to polynomial regression. Ljubljana, Slovenia. http://kt.ijs.si/theses/phd_aleksandar_peckov. Pdf

45. Penard, T., Poussing, N., Mukoko, B., & Piaptie, G. B. T. (2015). Internet adoption and usage patterns in Africa: Evidence from Cameroon. *Technology in Society*, 42, 71-80.
46. Pérez-Castro, M. Á., Mohamed-Maslouhi, M., & Montero-Alonso, M. Á. (2021). The digital divide and its impact on the development of Mediterranean countries. *Technology in Society*, 64, 101452.
47. Pradhan, R. P., Arvin, M., Nair, M., Bennett, S., & Bahmani, S. (2017). ICT-finance-growth nexus: Empirical evidence from the Next-11 countries. *Cuadernos de economía*, 40(113), 115-134.
48. Qin, P., Liu, M., Su, L., Fei, Y., & Tan-Soo, J. S. (2022). Electricity consumption in the digital era: Micro evidence from Chinese households. *Resources, Conservation and Recycling*, 182, 106297.
49. Sadorsky, P. (2012). Information communication technology and electricity consumption in emerging economies. *Energy Policy*, 48, 130-136.
50. Saidi, K., Toumi, H., & Zaidi, S. (2017). Impact of information communication technology and economic growth on the electricity consumption: Empirical evidence from 67 countries. *Journal of the Knowledge Economy*, 8, 789-803.
51. Salahuddin, M., & Alam, K. (2016). Information and Communication Technology, electricity consumption and economic growth in OECD countries: A panel data analysis. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 76, 185-193.
52. SG Andrae, A. (2020). New perspectives on internet electricity use in 2030. *Engineering and Applied Science Letter*, 3(2), 19-31.
53. Shahbaz, M., Rehman, I. U., Sbia, R., & Hamdi, H. (2016). The role of information communication technology and economic growth in recent electricity demand: fresh evidence from combine cointegration approach in UAE. *Journal of the knowledge economy*, 7, 797-818.
54. Sharma, A., & Banerjee, A. (2022). Socio-Economic Determinants of Digital Divide in India. *Demography India*, 51(1), 78-92.
55. Simoes, N., Palan, N., & Crespo, N. (2021). Is the World Flat or Not (Yet)?: Trade Globalization and Digitalization. In *Handbook of Research on Institutional, Economic, and Social Impacts of Globalization and Liberalization* (pp. 1-28). IGI Global.
56. Skare, M., & Soriano, D. R. (2021). How globalization is changing digital technology adoption: An international perspective. *Journal of Innovation & Knowledge*, 6(4), 222-233.
57. Torres-García, A. A., Garcia, C. A. R., Villasenor-Pineda, L., & Mendoza-Montoya, O. (Eds.). (2021). *Biosignal Processing and Classification Using Computational Learning and Intelligence: Principles, Algorithms, and Applications*. Academic Press.
58. Twi-Brempong, C., Gu, H., Oppong-Baah, T., Owusu, I., Gyamfi, E., Pinas, J., ... & Owusu, J. A. (2019). The Impact of Access to Electricity on E-Commerce Adoption in Ghanaian SMEs, an Empirical Analysis. *Open Journal of Business and Management*, 8(01), 245.
59. Ulucak, R., Danish, & Khan, S. U. D. (2020). Does information and communication technology affect CO2 mitigation under the pathway of sustainable development during the mode of globalization? *Sustainable Development*, 28(4), 857-867.
60. Vicente, M. R., & López, A. J. (2006). Patterns of ICT diffusion across the European Union. *Economics Letters*, 93(1), 45-51.

61. Vu, K., Hanafizadeh, P., & Bohlin, E. (2020). ICT as a driver of economic growth: A survey of the literature and directions for future research. *Telecommunications Policy*, 44(2), 101922.
62. Wang, J., Dong, K., Dong, X., & Taghizadeh-Hesary, F. (2022). Assessing the digital economy and its carbon-mitigation effects: The case of China. *Energy Economics*, 113, 106198.
63. Wang, S., Cao, A., Wang, G., & Xiao, Y. (2022). The Impact of energy poverty on the digital divide: The mediating effect of depression and Internet perception. *Technology in Society*, 68, 101884.
64. Wang, S., Tang, Y., Du, Z., & Song, M. (2020). Export trade, embodied carbon emissions, and environmental pollution: An empirical analysis of China's high-and new-technology industries. *Journal of Environmental Management*, 276, 111371.
65. Westerlund, M. (2020). Digitalization, Internationalization and Scaling of Online SMEs. *Technology Innovation Management Review*, 10(4), 48-57.
66. Zhang, L., Mu, R., Zhan, Y., Yu, J., Liu, L., Yu, Y., & Zhang, J. (2022). Digital economy, energy efficiency, and carbon emissions: Evidence from provincial panel data in China. *Science of the Total Environment*, 852, 158403.
67. Zheng, J., & Wang, X. (2020). Can mobile information communication technologies (ICTs) promote the development of renewables?-evidence from seven countries. *Energy Policy*, 112041.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У циљу реализације циљева докторске дисертације и потврђивања постављених полазних хипотеза, истраживање је спроведено у неколико фаза. У почетној фази извршен је детаљан преглед постојеће савремене литературе у области истраживања како би се дефинисао истраживачки проблем. Након тога прикупљени су адекватни истраживачки подаци који су анализирани мерама дескриптивне статистике и корелационе анализе како би се стекао увид у везе између посматраних променљивих. Затим је у наредној фази приступљено формирању три истраживачка модела.

У истраживачком моделу I примењена је нелинеарна полиномска регресија за коју је, проценом криве и параметара утврђено да је трећег степена. Полиномска регресија трећег степена је примењена на подскупу за тренинг и подскупу за тестирање који су добијени применом Бернулијеве дистрибуције за одабир случајне променљиве. Затим је имплементирана метода вештачких неуронских мрежа са активационом функцијом сигмоид како би се извршио прорачун утицаја дефинисаних фактора на развој дигитализације.

У истраживачком моделу II употребљена је метода моделовања структурних једначина применом парцијалних најмањих квадрата како би се извршило моделовање утицајних фактора на развој дигитализације. Фактори који формирају мерни модел одабрани су применом експлораторне факторске анализе, док је поузданост и дискриминантност мерног модела анализирана применом конфирматорне факторске анализе. Резултати добијени методом моделовања структурних једначина применом парцијалних најмањих квадрата упоређени су са резултатима примене методе вештачких неуронских мрежа како би се утврдило потенцијално преклапање. Анализа методом вештачких неуронских мрежа

спроведена је у десет итерација са активационом функцијом сигмоид како би се одабрало оптимално решење.

У истраживачком моделу III, такође је употребљена метода моделовања структурних једначина применом парцијалних најмањих квадрата како би се спровело моделовање утицајних фактора на развој глобализације. Најпре је извршена провера мерног модела применом експлораторне и конфирматорне факторске анализе, а потом је формиран и структурни модел. У циљу спровођења мулти-групне анализе применом методе парцијалних најмањих квадрата одрађена је прорачуном мерне инваријантности композитних модела.

3.4. Применљивост остварених резултата

Реализацијом докторске дисертације дошло се до резултата који показују да употреба метода машинског учења за решавање дефинисаног истраживачког проблема остварује добре предикционе вредности. Формирани модели се могу имплементирати на националном нивоу чији би резултати допринели развоју националне политике или стратегије одрживог развоја дигитализације. Моделовање утицаја вишеструких фактора одрживости на развој дигитализације има за циљ утврђивање фактора који имају неповољан утицај на развој дигиталног друштва. Ова анализа има велики значај за планирање будућег технолошког и друштвеног развоја у дигиталном времену. Односно, пружа вредне информације доносиоцима одлука у различитим индустријама о избору акција које треба предузети у областима које исказују неодговарајуће резултате. Са друге стране, моделовањем утицајних фактора на развој глобализације спроведеном у истраживачком моделу III, долази се до важних података о томе како технолошки фактори у које спада дигитализација, утичу на интеграцију привреде у светске економске токове кроз процес глобализације. Значај оваквог истраживања се посебно огледа кроз осврт на резултате који се добијају у привредама са различитим привредним системима и доприносе теоријском знању о утицају врсте привреде на глобалну интеграцију у светске економске токове.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Урађена докторска дисертација, анализа и интерпретација добијених резултата, проистекли и објављени научни радови указују на способност кандидаткиње Иване Петковски, мастер инжењера менаџмента, за самостални научно рад као и за активно учешће у тимском раду. Кандидат Ивана Петковски је током израде докторске дисертације исказала самосталност и стручност у прегледу савремене литературе, планирању истраживања, конципирању, припреми и реализацији истраживања, као и прикупљању, систематизацији и анализи добијених резултата.

На основу испољеног квалитета, заинтересованости и стручности у обављању досадашњих научних и стручних активности, Комисија сматра да кандидаткиња Ивана Петковски поседује све квалитете који су неопходни за самостални научноистраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру добијених резултата истраживања могу се навести следећи научни доприноси:

- Формиран је оригиналан статистички модел I за моделовање утицаја вишеструких фактора на развој дигитализације применом методе нелинеарне полиномске регресије трећег степена. Ова метода се веома ретко користи у постојећим истраживањима, док је у области истраживачког проблема према сазнањима кандидаткиње ова метода први пут употребљена.
- Креиран је оригиналан статистички модел II у којем се, као и у истраживачком моделу I, на одрживи начин моделује утицај вишеструких фактора на развој дигитализације. Избор фактора и припадајућих елемената представља јединствен скуп података чији се утицај на холистички начин посматра у односу на развој дигитализације.
- Формиран је оригинални статистички модел III којим се анализира утицај различитих технолошких фактора на развој глобализације и врши мулти-групна анализа. Овим се постиже искорак у досадашњем истраживању јер не постоји литература која анализира овакав спој фактора применом мулти-групне анализе која дели скуп података према карактеру привредног система.
- Модели пружају научно засноване инструменте за предвиђање и анализу одрживог развоја дигитализације и глобализације и могу послужити доносиоцима одлука за креирање различитих сценарија и њихову анализу, као и доношење политика и стратегија будућег дигиталног развоја на одрживи начин.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Пораст значаја проблема климатских промена, несташице природних ресурса, енергетске нестабилности, миграције и других изазова у време дигиталног напретка довео је у први план питање утицаја фактора одрживости на развој дигитализације. Сходно томе је ова тема у фокусу спровођења овог истраживања.

Дефинисани циљеви истраживања остварени су делимично. Овакав резултат је последица одбацивања хипотеза о позитивном утицају науке и технологије на развој глобализације у тржишним и у транзиционим привредама. Остале постављене хипотезе су потврђене чиме се доказало да је могуће моделовати утицај дефинисаних фактора на развој дигитализације. Такође, доказана је хипотеза да је присутна статистички значајна разлика између утицаја фактора дигитализације, науке и технологије и трговине информационо-комуникационим технологијама на развој глобализације у тржишним и транзиционим привредама. Развијени модели су флексибилни и могу се користити и за моделовање утицаја дефинисаних фактора на националном нивоу.

Ограничења која су везана за реализовано истраживање приказано у дисертацији представљају:

- Временски оквир који је анализиран ограничен је доступним подацима у јавним базама података одакле су подаци преузети. Проширење коришћеног сета података узроковало би неодговарајуће резултате моделовања услед непотпуних података.
- Избор фактора чији се утицај моделује у односу на развој дигитализације и глобализације може се проширити узимањем у обзир и других релевантних димензија развоја ових феномена као што су, на пример, политички.
- Формирани модели приказују резултате моделовања за скуп земаља чиме се онемогућује анализа резултата појединачних земаља.

4.3. Верификација научних доприноса

Верификација докторске дисертације је извршена у складу са позитивним законским одредбама у Републици Србији и критеријумима Универзитета у Београду, међу којима се предвиђа и објављивање најмање једног рада из дисертације у часописима са импакт фактором (IF) где би кандидат требало да буде први аутор.

Кандидаткиња Ивана Петковски, мастер инжењер менаџмента, је до тренутка предавања дисертације за јавну одбрану објавила један рад као први аутор у часопису са IF у истакнутом међународном часопису категорије M21.

Из ове дисертације, односно из њених делова, проистекли су следећи радови:

Рад у врхунском међународном часопису (M21):

1. **Petkovski I.**, Fedajev A., & Bazen J. (2022). Modelling Complex Relationships between Sustainable Competitiveness and Digitalization. *Journal of Competitiveness*, 14(2), pp. 79-96. <https://doi.org/10.7441/joc.2022.02.05> **IF(2022)=7.3**

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33):

1. **Petkovski I.**, Mihajlović I., & Fedajev A. (2022). Hybrid CRITIC-TOPSIS model for prioritizing digitally developed countries in the light of energy indicators. In *Proceedings of XVII International May Conference on Strategic Management*, Bor, Serbia, May, 27-29, 2022 (pp. 264-277).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Дисертација кандидаткиње Иване Петковски садржи више оригиналних резултата који представљају надоградњу постојећих резултата приказаних у литературним изворима новијег датума. Резултати који представљају оригиналност ове дисертације односе се на формирање два статистичка модела развоја дигитализације и један статистички модел развоја глобализације применом метода машинског учења. Оваква структура модела до сада није представљена у литератури. Дефинисани модели имају универзални карактер и могу се користити за процену развоја ових феномена на више нивоа.

Сагледавајући квалитет, обим и научни допринос постигнутих резултата овог рада Комисија за оцену урађене докторске дисертације закључује да кандидаткиња Ивана Петковски, мастер инжењер менаџмента, испуњава све законске и остале услове за одбрану урађене докторске дисертације. Комисија закључује да је ова докторска дисертација написана према свим стандардима научно-истраживачког рада, те да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, Статутом Техничког факултета у Бору и Критеријумима које је прописао Универзитет у Београду. Имајући у виду предочене чињенице, Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору да прихвати позитиван извештај о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Иване Петковски под називом: „Структурирање фактора развоја дигиталног друштва применом машинског учења“ и да исти упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, те да после тога кандидаткињу позове на јавну одбрану.

У Бору, април 2024. године

1. Др Санела Арсић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

2. Др Александра Федајев, ванредни професор
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

3. Др Анђелка Стојановић, доцент
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

4. Др Иван Михајловић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

5. Др Лазар Велимировић, виши научни сарадник
Математички институт САНУ
