

Streszczenie pracy doktorskiej pt. *Wpływ cyfryzacji państw Unii Europejskiej na poziom ich konkurencyjności – analiza porównawcza z zastosowaniem modeli statystycznych*

mgr inż. Agnieszka Kleszcz

Rozprawa doktorska opracowana została w formie wprowadzającego autoreferatu oraz zbioru tematycznie powiązanych publikacji naukowych. Prezentowany profil badań wpisuje się w takie obszary jak: geografia państw Unii Europejskiej, rozwój regionalny, konkurencyjność gospodarki oraz innowacje. W badaniach szczególną uwagę poświęcono także aktualnemu procesowi cyfryzacji gospodarki i społeczeństwa. Dodatkowo w analizach szerokie zastosowanie znalazły metody statystyczne. Do autorskiego i współautorskiego cyklu publikacyjnego, opublikowanego w latach 2019-2022 należy 10 prac, opublikowanych m.in. w *Wiadomościach Statystycznych*, *International Journal of Computational Economics and Econometrics* czy *Acta Geobalcanica*.

Jednym z podstawowych oraz aktualnych problemów badań nad konkurencyjnością jest analiza źródeł przewagi jednej gospodarki nad drugą. Pomimo wielu publikacji i podejść prezentowanych w literaturze problem ten nadal nie jest do końca rozwiązany. W dostępnych opracowaniach literackich trudno także znaleźć, jakie komponenty konkurencyjności determinują pozycję konkurencyjną między krajami Unii Europejskiej, w szczególności pomiędzy UE-13, a UE-15. Istnieją różne metodologie i narzędzia analityczne, które można wykorzystać do badania relacji między kluczowymi czynnikami wpływającymi na konkurencyjność państw. Efektywnym sposobem formalnej weryfikacji postawionych hipotez oraz wnioskowania o mechanizmach analizowanych zagadnień jest zastosowanie metod statystycznych. Autorskie analizy statystyczne opublikowano w cyklu publikacji.

Modele klasoryfikacyjne zaproponowane w pracy (Kleszcz, 2021c) zastosowane do filarów Globalnego Indeksu Konkurencyjności, pozwoliły autorce na próbę wypełnienia luki w zakresie wskazania kluczowych filarów konkurencyjności różnicujących gospodarki krajów starej i nowej Unii. Na pozycję konkurencyjną kraju, duży wpływ może mieć innowacyjność. Światowe gospodarki w coraz większym stopniu opierają się na wiedzy (ang. *knowledge-based economy*). W takich gospodarkach dużą rolę przypisuje się właśnie znaczeniu innowacyjności mającej na celu podniesienie pozycji konkurencyjnej. Stąd w (Kleszcz, 2021b) autorka przeanalizowała najważniejsze składowe dziedzin Sumarycznego Indeksu Innowacyjności stosując metodę analizy głównych składowych. Celem badań było wyznaczenie głównych czynników innowacyjności państw UE.

Wyniki badań wskazują, że na podniesienie konkurencyjności państw w dużym stopniu wpływa także cyfryzacja, ściśle związana z innowacyjnością. Z tego powodu autorka poświęciła szczególną uwagę różnym aspektom cyfryzacji, a zwłaszcza: zróżnicowaniu krajów UE, relacjom pomiędzy cyfryzacją a nakładami firm na działalność badawczo - rozwojową (B&R) oraz innowacyjnością. Znalazło to odbicie m.in. w następujących publikacjach (Kleszcz 2020; Kleszcz & Nowak, 2020; Nowak & Kleszcz, 2021). Innowacyjność i cyfryzacja transformują gospodarki w różnych aspektach. Mierzalnym produktem innowacyjności są patenty – w szczególności innowacyjność cyfrowa będzie wpływać na liczbę patentów ICT. W publikacji (Rusek, Kleszcz, Cabellos-Aparicio, 2022) przygotowanej we współpracy z *Barcelona Neural Networking Center* przeanalizowano szczególny przypadek technologii ICT, związany z patentami dotyczącymi sztucznej inteligencji (AI), która w ciągu ostatnich kilku lat rozwija się szczególnie dynamicznie i wpływa na wiele dziedzin. Rozwój technologii ICT, a zwłaszcza sztucznej inteligencji, jest przedmiotem rywalizacji największych gospodarek świata tj. Stanów Zjednoczonych, Chin, Japonii oraz krajów Unii Europejskiej i może stanowić o ich przewadze konkurencyjnej. W artykule główną uwagę poświęcono analizie współpracy patentowej pomiędzy państwami Unii oraz jej wpływem na wzrost liczby patentów w zakresie

sztucznej inteligencji. Zwrócono też uwagę na dynamikę zmian liczby patentów AI. Wyniki analiz wskazują na duże zróżnicowanie pomiędzy państwami UE, nie tylko w patentach AI, ale także w ogólnej liczbie patentów.

Bardziej szczegółowe analizy dotyczące konkurencyjności, innowacyjności, a także cyfryzacji wyraźnie pokazują duże zróżnicowanie przestrzenne pomiędzy krajami UE – zwłaszcza przy podziale na starą i nową Unię. Stąd w pracy (Kleszcz & Rusek, 2022) przedstawiono formalne podejście stosując wnioskowanie przyczynowe do odpowiedzi na pytanie czy przystąpienie krajów EU-13 do Unii Europejskiej przyczyniło się do polepszenia ich innowacyjności, wyrażonej liczbą patentów.

Wnioski z przeprowadzonych badań oraz analiza stanu wiedzy pokazują istotne, pozytywne aspekty cyfryzacji. Należy jednak podkreślić, że cyfryzacja niesie ze sobą też zagrożenia. Ze względu na znaczenie i powszechność wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych w rozwiniętych gospodarkach należy zwrócić uwagę na problem cyberbezpieczeństwa. Cyberbezpieczeństwo to stworzenie odpowiedniego środowiska regulacyjnego oraz infrastruktury, które gwarantowałoby najwyższe standardy w zakresie cyfryzacji. Cyberbezpieczeństwo jest obecnie wyzwaniem w ramach współpracy pomiędzy różnymi podmiotami i instytucjami na poziomie krajowym, a także międzynarodowym. Kwestia bezpieczeństwa cybernetycznego stała się także priorytetem dla państw Unii Europejskiej. Zagadnienia te zostały poruszone we współpracy z zespołem Uniwersytetu w Bournemouth w pracy (Katos et al., 2019) opracowanej dla Agencji Unii Europejskiej ds. Cyberbezpieczeństwa oraz (Rostami, Dimanov, Katos, & Kleszcz, 2020).

Reasumując, na podstawie opublikowanych artykułów, wykorzystując wskaźniki do pomiaru konkurencyjności, innowacyjności oraz poziomu cyfryzacji gospodarek i społeczeństwa w państwach Unii Europejskiej, przedstawiono zdolność konkurowania gospodarek. Obiektywną ocenę zróżnicowania regionalnego państw gwarantuje stosowanie metod statystycznej analizy danych. Aspekt aplikacyjny pracy wykazują badania empiryczne w zakresie modelowania podobieństwa poziomu cyfryzacji. Ujęcie przestrzenne wpisuje się w zakres badań geografii społeczno-ekonomicznej, a wyniki potwierdziły istniejący podział gospodarczej i cyfrowej przestrzeni europejskiej na dwie grupy tj. UE-15 i UE-13.

Cyklu publikacji

- Katos, V., Rostami, S., Bellonias, P., Davies, N., Kleszcz, A., Faily, S., Rantos, K. (2019). State of Vulnerabilities 2018/2019 - Analysis of Events in the life of Vulnerabilities. ENISA. ISBN: 978-92-9204-325-4, doi:10.2824/139301.
- Kleszcz, A. (2020). Investment in research and development in the ICT sector by top European Union companies. *Wiadomości Statystyczne. The Polish Statistician*, 65(12), 25–46. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.5729>.
- Kleszcz, A. (2021a). Analysis of the interdependence between innovation and digitization in the Old and New European Union countries. *Fascicles of Student Scientific Movement the Jan Kochanowski University in Kielce*, 30, 35–46.
- Kleszcz, A. (2021b). Principal components of innovation performance in European Union countries. *Wiadomości Statystyczne. The Polish Statistician*, 66(8), 24–45. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.2305>.
- Kleszcz, A. (2021c). The use of classification models to identify factors differentiating the competitiveness of the EU-15 and EU-13 countries. *International Journal of Computational Economics and Econometrics*, . DOI: 10.1504/IJCEE.2021.10043423
- Kleszcz, A., Nowak, E. (2020). Competitiveness of European Union countries in terms of the level of digitalization. *Wiadomości Statystyczne. The Polish Statistician*, 65(5), 27–44. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1331>.

- Kleszcz, A., Rusek, K. (2022). Has EU accession boosted patents performance in the EU-13 ? – A critical evaluation using causal impact analysis with Bayesian structural time-series models. *Central European Journal of Economic Modelling and Econometrics (w recenzji)*. arXiv: <https://arxiv.org/abs/2201.09878>.
- Nowak, E., Kleszcz, A. (2021). Use of Kohonen's network to present the digital diversity of EU countries according to the Digital Economy and Society Index (DESI). *Acta Geobalcanica*, 8(3), 93–102. <https://doi.org/10.18509/agb218-3093n>.
- Rostami, S., Dimanov, D., Katos, V., Kleszcz, A. (2020). A Machine Learning Approach to Dataset Imputation for Software Vulnerabilities. *Springer*, 1284 CCIS, 25–36. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59000-0_3.
- Rusek, K., Kleszcz, A., Cabellos-Aparicio, A. (2022). Bayesian inference of spatial and temporal relations in AI patents for EU countries. *Scientometrics (w recenzji)*. arXiv: <https://arxiv.org/abs/2201.07168v1>.

Summary of the doctoral dissertation

The impact of digitalization of the European Union countries on their competitiveness – a comparative analysis with the use of statistical models.

M.Sc. Eng. Agnieszka Kleszcz

The doctoral dissertation was prepared in the form of an abstract and a collection of thematically related scientific publications. The presented research profile is related to such areas as the geography of European Union countries, regional development, the competitiveness of economies and innovation. The research also concentrates particularly on the current process of digitalisation of the economy and society. Additionally, statistical methods have been widely used in the analysis. The original and co-authoring series of publications, published in 2019-2022, includes 10 works, published e.g. in The Polish Statistician, the International Journal of Computational Economics and Econometrics and Acta Geobalcanica.

One of the fundamental and current problems of research on countries' competitiveness is the analysis of the sources of the advantage of one economy over another. Despite many publications and approaches presented in the literature, this problem is still not fully resolved. In the available literature, it is also difficult to identify what components of competitiveness determine the competitive position between the European Union countries, in particular between the EU-13 and the EU-15. There are various methodologies and analytical tools that can be used to study the relationship between the key factors affecting the competitiveness of countries. The use of statistical methods is an effective method of formal verification of the hypotheses and inference about the mechanisms of the analyzed issues. The author's statistical analyzes were published in a series of publications.

The classification models proposed in the work (Kleszcz, 2021c), applied to the 12 pillars of the Global Competitiveness Index, allowed the author to fill the gap in identifying the key pillars of competitiveness that differentiate the economies of the old and new EU countries. A country's competitive position may be greatly influenced by innovation. World economies are increasingly based on knowledge (the so-called knowledge-based economy). In such economies, an important role is assigned to the importance of innovation aimed at increasing the competitive position. Hence, in (Kleszcz, 2021b) the author analyzed the most important components of the fields of the Summary Innovation Index using the principal component analysis method. The research aimed to determine the main factors of innovation in EU countries.

The results of the research indicate that digitalisation - closely related to innovation - also contributes to increasing the competitiveness of countries. For this reason, the author has paid special attention to various aspects of digitalisation, in particular: the disparities of EU countries, the relationship between digitalisation and companies' expenditure on research and development (R&D) and innovation. This was presented among others in the following publications (Kleszcz 2020; Kleszcz & Nowak, 2020; Nowak & Kleszcz, 2021). Innovation and digitalisation are transforming economies in various respects. Patents are a measurable product of innovation - for example, digital innovation will affect the number of ICT patents.

In the publication (Rusek, Kleszcz, Cabellos-Aparicio, 2022) prepared in cooperation with the Barcelona Neural Networking Center, a special case of ICT technology was analyzed, related to patents on artificial intelligence (AI), which has been developing dynamically in the last few years and influences many areas. The development of ICT technologies, and in particular artificial intelligence, is the subject of competition between the largest economies in the world, i.e. the United States, China, Japan and the European Union countries, and may constitute their competitive advantage. The article focuses on the analysis of patent cooperation

between EU countries and its impact on the increase in the number of patents in the field of artificial intelligence. Attention was also focused on the dynamics of changes in the number of AI patents. The results of the analyzes show a huge variation between EU countries, not only in AI patents but also in the total number of patents.

More detailed analyzes of competitiveness, innovation as well as digitalisation clearly show the large spatial disparities between the EU countries - especially when divided into the old and new Union. Hence, the work (Kleszcz & Rusek, 2022) presents a formal approach using causal inference to answer the question of whether the accession of the EU-13 countries to the European Union contributed to the improvement of their innovativeness, expressed in the number of patents.

The conclusions from conducted research and analysis of the state of the art show significant, positive aspects of digitalisation. However, it should be emphasized that digitalisation is also related to threats. Due to the importance and widespread use of information and communication technologies in developed economies, attention should also focus on the issue of cybersecurity. Cybersecurity is about creating an appropriate regulatory environment and infrastructure that would guarantee the highest standards in the field of digitalisation. Cybersecurity is currently a challenge within cooperation between various entities and institutions at the national and international levels. The issue of cybersecurity has also become a priority for European Union countries. This topic was presented in collaboration with the University of Bournemouth team in the publication (Katos et al., 2019) prepared for the European Union Agency for Cybersecurity and (Rostami, Dimanov, Katos, & Kleszcz, 2020).

To sum up, based on the published articles, using multivariate indicators to measure the competitiveness, innovation and the level of digitalisation of economies and society in the European Union countries - the ability of economies to compete was presented. The objective assessment of the regional differentiation of countries is evidenced by the use of statistical data analysis methods. The application aspect of the work has been demonstrated by empirical research in the field of modelling the similarity of the digitalisation level. The spatial approach is part of the research on socio-economic geography, and the results confirmed the existing division of the European economic and digital space into two groups, i.e. EU-15 and EU-13.

Cycle of publication

- Katos, V., Rostami, S., Bellonias, P., Davies, N., Kleszcz, A., Faily, S., Rantos, K. (2019). State of Vulnerabilities 2018/2019 - Analysis of Events in the life of Vulnerabilities. ENISA. ISBN: 978-92-9204-325-4, doi:10.2824/139301.
- Kleszcz, A. (2020). Investment in research and development in the ICT sector by top European Union companies. *Wiadomości Statystyczne. The Polish Statistician*, 65(12), 25–46. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.5729>.
- Kleszcz, A. (2021a). Analysis of the interdependence between innovation and digitization in the Old and New European Union countries. *Fascicles of Student Scientific Movement the Jan Kochanowski University in Kielce*, 30, 35–46.
- Kleszcz, A. (2021b). Principal components of innovation performance in European Union countries. *Wiadomości Statystyczne. The Polish Statistician*, 66(8), 24–45. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.2305>.
- Kleszcz, A. (2021c). The use of classification models to identify factors differentiating the competitiveness of the EU-15 and EU-13 countries. *International Journal of Computational Economics and Econometrics*, . DOI: 10.1504/IJCEE.2021.10043423
- Kleszcz, A., Nowak, E. (2020). Competitiveness of European Union countries in terms of the

- level of digitalization. *Wiadomości Statystyczne. The Polish Statistician*, 65(5), 27–44. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1331>.
- Kleszcz, A., Rusek, K. (2022). Has EU accession boosted patents performance in the EU-13 ? – A critical evaluation using causal impact analysis with Bayesian structural time-series models. *Central European Journal of Economic Modelling and Econometrics (w recenzji)*. arXiv: <https://arxiv.org/abs/2201.09878>.
- Nowak, E., Kleszcz, A. (2021). Use of Kohonen's network to present the digital diversity of EU countries according to the Digital Economy and Society Index (DESI). *Acta Geobalcanica*, 8(3), 93–102. <https://doi.org/10.18509/agb218-3093n>.
- Rostami, S., Dimanov, D., Katos, V., Kleszcz, A. (2020). A Machine Learning Approach to Dataset Imputation for Software Vulnerabilities. *Springer*, 1284 CCIS, 25–36. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59000-0_3.
- Rusek, K., Kleszcz, A., Cabellos-Aparicio, A. (2022). Bayesian inference of spatial and temporal relations in AI patents for EU countries. *Scientometrics (w recenzji)*. arXiv: <https://arxiv.org/abs/2201.07168v1>.