

## Konkurencyjność krajów Unii Europejskiej ze względu na poziom cyfryzacji

Agnieszka Kleszcz<sup>a</sup>, Ewa Nowak<sup>b</sup>

**Streszczenie.** Cyfryzacja wiąże się ze wzrostem wykorzystywania technologii informacyjno-komunikacyjnych (ang. *information and communication technologies*, ICT) we wszystkich dziedzinach gospodarki i obszarach funkcjonowania społeczeństwa. Technologie tego rodzaju wpływają na poziom konkurencyjności gospodarek. Celem artykułu jest porównanie konkurencyjności krajów Unii Europejskiej w obszarze technologii informacyjno-komunikacyjnych na podstawie wskaźników opracowanych przez międzynarodowe instytucje.

W analizie porównawczej posłużono się danymi Komisji Europejskiej, Eurostatu oraz Światowego Forum Ekonomicznego. Do porównania poziomu cyfryzacji gospodarek wykorzystano wskaźniki syntetyczne: filar 9 globalnego wskaźnika konkurencyjności (GCI Filar 9), europejski wskaźnik gospodarki cyfrowej i społeczeństwa cyfrowego (DESI) oraz wskaźnik gotowości sieciowej (NRI). Wskaźnikiem poziomu dobrobytu społecznego krajów była rzeczywista konsumpcja indywidualna (AIC). W przypadku pojedynczych wskaźników analizowano ich zmiany w czasie (dla NRI lata 2014–2016, dla GCI Filar 9 lata 2015–2017, dla DESI lata 2016–2018), natomiast klasyfikację wielocechową krajów ze względu na trzy zmienne (NRI, DESI i GCI Filar 9) wykonano dla 2016 r. Posłużono się metodą hierarchiczną Warda i niehierarchiczną analizą skupień *k*-średnich. Model regresji wielorakiej pozwolił wykryć współzależności między poziomem dobrobytu mierzonym według wskaźnika AIC a poziomem cyfryzacji. Najlepszym predyktorem okazał się NRI. Wyniki analizy wskazują, że pod względem rozwoju ICT wciąż występują różnice między krajami starej i nowej Unii.

**Słowa kluczowe:** technologie informacyjno-komunikacyjne (ICT), wskaźnik gotowości sieciowej (NRI), globalny wskaźnik konkurencyjności (GCI), wskaźnik gospodarki cyfrowej i społeczeństwa cyfrowego (DESI), rzeczywista konsumpcja indywidualna (AIC)

**JEL:** O30, C10

## Competitiveness of European Union countries in terms of the level of digitalization

**Abstract.** Digitalization involves an increase in the use of information and communication technologies (ICT) in all areas of the economy and all domains of the functioning of a society. Technologies of this kind affect the level of competitiveness of economies. The aim of the article is to compare the levels of competitiveness of European Union countries in the field of information and communication technologies, on the basis of indices developed by international institutions.

---

<sup>a</sup> Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0450-5247>.

<sup>b</sup> Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1198-6544>.

The European Commission, World Economic Forum and Eurostat databases were used for comparative analysis of economies. Synthetic indices, such as the 9th pillar of the Global Competitiveness Index (GCI Pillar 9), the European Digital Economy and Society Index (DESI) and the Networked Readiness Index (NRI) were used to compare the levels of digitalization of the economies. The actual individual consumption (AIC) value was adopted as an indicator of the wealth of EU economies. Changes in single indices were analysed as follows: in the NRI in 2014–2016, in the GCI Pillar 9 in 2015–2017 and in the DESI in 2016–2018, while the multi-character classification of countries according to the three variables (the NRI, DESI and GCI Pillar 9) was performed for the year 2016. Ward's hierarchical method and non-hierarchical analysis of *k*-means clusters were used to this effect. The multiple regression model revealed relationships between the welfare level measured by the AIC and the level of digitalization. The NRI turned out to be the best predictor. The results of the analysis indicate that there are still differences between the 'old' and the 'new' EU countries in terms of the development of the ICT sector.

**Keywords:** information and communication technologies (ICT), Networked Readiness Index (NRI), Global Competitiveness Index (GCI), Digital Economy and Society Index (DESI), actual individual consumption (AIC)

## 1. Wprowadzenie

Cyfryzacja wiąże się ze wzrostem wykorzystywania technologii informacyjno-komunikacyjnych (ang. *information and communication technologies*, ICT) we wszystkich dziedzinach gospodarki i obszarach funkcjonowania społeczeństwa (Pieriegud, 2016). Technologie przetwarzania, gromadzenia i przesyłania informacji w formie elektronicznej (GUS, 2017, 2018) odgrywają niezmiernie ważną rolę we współczesnej gospodarce ze względu na szybkość i jakość przekazywanych informacji. Obecnie, w dobie czwartej rewolucji przemysłowej, wdrażanie nowoczesnych technologii to dla przedsiębiorstw podstawowa szansa na rozwój. Opracowana przez Komisję Europejską (KE) Strategia *Europa 2020* zakłada powszechny dostęp do dóbr cyfrowych jako priorytet dla wsparcia rozwoju gospodarczego i społecznego.

Skala i tempo zmian związanych z postępowaniem informatycznym otwierają ogromne możliwości pod względem innowacyjności, pobudzania wzrostu gospodarczego i tworzenia nowych miejsc pracy. Według danych Eurostatu liczba specjalistów zatrudnionych w sektorze ICT w grupie 28 krajów Unii Europejskiej (UE-28) wzrosła w okresie od 2006 r. do 2016 r. o 39,5% (Eurostat, 2018; Kisielnicki, 2016). Rozwój sektora ICT prowadzi do poprawy efektywności funkcjonowania całej gospodarki, a przykłady wielu krajów – szczególnie tych wysoko rozwiniętych, jak Stany Zjednoczone, Japonia czy kraje skandynawskie – wskazują, że obecnie stanowi on kluczowy czynnik przewagi konkurencyjnej (Grynia, 2015; GUS, 2017; Jorgenson i Vu, 2016; Sylwestrzak, 2018; Żelazny, 2015).

Celem badania omawianego w artykule jest wykorzystanie syntetycznych wskaźników poziomu cyfryzacji do analizy oraz grupowania krajów UE pod względem konkurencyjności w obszarze technologii informacyjno-komunikacyjnych.

## 2. Metoda badania

Do analizy porównawczej konkurencyjności gospodarek ze względu na poziom cyfryzacji wykorzystano:

- europejski wskaźnik gospodarki cyfrowej i społeczeństwa cyfrowego (Digital Economy and Society Index, DESI) – dane z bazy KE za okres 2016–2018;
- filar 9 globalnego wskaźnika konkurencyjności (Filar 9 Global Competitiveness Index, GCI Filar 9) – dane z bazy Światowego Forum Ekonomicznego (World Economic Forum, WEF) za okres 2015–2017;
- wskaźnik gotowości sieciowej (Networked Readiness Index, NRI) – dane z bazy WEF za okres 2014–2016;
- wskaźnik poziomu dobrobytu w postaci rzeczywistej konsumpcji indywidualnej (Actual Individual Consumption, AIC) – dane z bazy KE za 2016 r.

Do obiektywizacji liczby i struktury wydzielonych grup zastosowano podejście hierarchiczne i niehierarchiczne. Jako zmienne w klasyfikacji wielocechowej posłużyły wskaźniki: DESI, GCI Filar 9 i globalny NRI. Model liniowej regresji wielorakiej posłużył do wykrycia współzależności między poziomem dobrobytu wyrażonym za pomocą AIC *per capita* a poziomem cyfryzacji.

## 3. Wyniki badania

Problem pomiaru wpływu ICT na gospodarkę jest złożony ze względu na mnogość zmiennych oraz trudności z wyborem tych, które najdokładniej odzwierciedlają rzeczywiste i istotne zależności. Istnieje wiele wskaźników służących do oceny poziomu cyfryzacji krajów, a dobór takich spośród nich, które oddają poziom konkurencyjności gospodarek, jest jednym z ważnych zagadnień badawczych, szczególnie w przypadku analizy dynamiki rozwoju gospodarczego i jego predykcji (Bal-Domańska, 2015; Kos-Łabędowicz, 2017).

### 3.1. Wskaźnik gotowości sieciowej (NRI)

Głównym narzędziem badań i porównań jest wskaźnik gotowości sieciowej (NRI), za pomocą którego ocenia się gotowość do wykorzystania technologii sieciowych i teleinformatycznych. Oblicza się go na podstawie czterech subwskaźników odzwierciedlających:

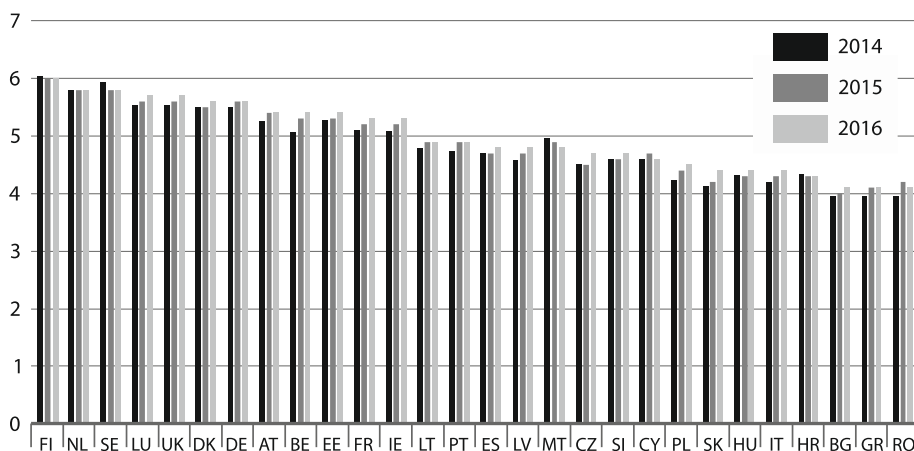
- stan środowiska społeczno-gospodarczego;
- stan gotowości do wykorzystania ICT;
- stan wykorzystania ICT oraz
- skutki wykorzystania ICT.

Przy ich obliczaniu wykorzystuje się zestaw 53 wskaźników cząstkowych zgrupowanych w 10 filarach pokazanych na schemacie 1. Po znormalizowaniu NRI przyjmuje wartości od 1 do 7, gdzie 7 oznacza najwyższą wartość, przynależną tym krajom, w których ICT są najbardziej rozwinięte. Na podstawie NRI tworzona jest lista rankingowa krajów (Baller, Battista, Dutta i Lanvin, 2016).

**Schemat 1.** Struktura wskaźnika gotowości sieciowej (NRI)

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Baller i in. (2016).

Na wyk. 1 przedstawiono wartości NRI w latach 2014–2016<sup>1</sup>. Analiza danych dla krajów za te lata pokazała stosunkowo mało zmian w rankingach. W 2016 r. Polska znalazła się na 21. pozycji wśród 28 krajów UE, z wynikiem 4,5. Największy procentowy wzrost w okresie 2014–2016 nastąpił na Słowacji (6,8%), w Belgii (6,7%) i Polsce (6,1%), natomiast największy spadek – w Chorwacji (–0,9%), Szwecji (–2,2%) oraz na Malcie (–3,2%).

**Wykr. 1.** Wartości NRI w krajach UE

Uwaga. AT – Austria, BE – Belgia, BG – Bułgaria, CY – Cypr, CZ – Czechy, DE – Niemcy, DK – Dania, EE – Estonia, ES – Hiszpania, FI – Finlandia, FR – Francja, GR – Grecja, HR – Chorwacja, HU – Węgry, IE – Irlandia, IT – Włochy, LT – Litwa, LU – Luksemburg, LV – Łotwa, MT – Malta, NL – Holandia, PL – Polska, PT – Portugalia, RO – Rumunia, SE – Szwecja, SI – Słowenia, SK – Słowacja, UK – Wielka Brytania.

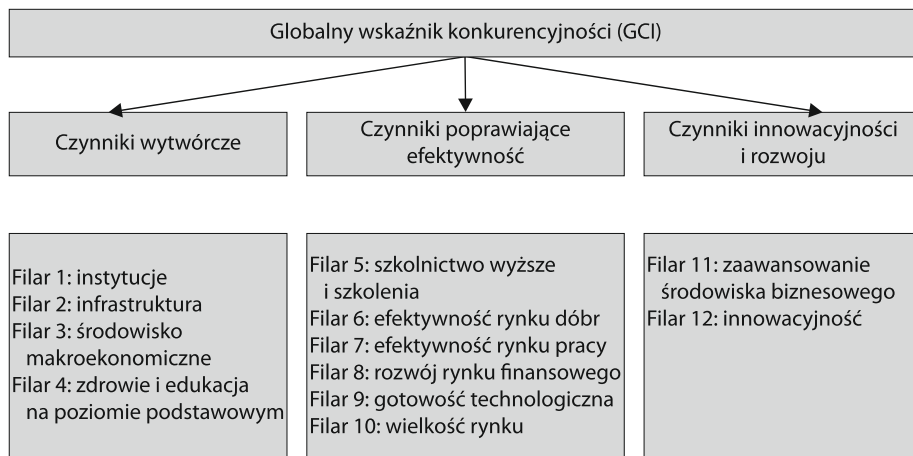
Źródło: opracowanie własne na podstawie: Baller i in. (2016).

<sup>1</sup> Dane za 2016 r. są najnowszymi dostępnymi dla tego wskaźnika.

### 3.2. Globalny wskaźnik konkurencyjności (GCI)

Światowe Forum Ekonomiczne od 2006 r. publikuje rankingi konkurencyjności krajów opracowywane przy wykorzystaniu złożonego globalnego wskaźnika konkurencyjności (GCI). GCI przyjmuje wartości od 1 do 7, gdzie 7 oznacza wartość najwyższą. GCI zbudowany jest z 12 filarów podzielonych na trzy grupy, które mają różne wagi przy obliczaniu wskaźnika ogólnego (schemat 2). Jako miarę cyfryzacji wybrano filar 9 – gotowość technologiczną. Za jego pomocą mierzy się sprawność, z jaką gospodarka przyjmuje istniejące technologie w celu zwiększenia jej wydajności, a zwłaszcza zdolność do pełnego wykorzystania ICT dla zwiększenia innowacyjności i konkurencyjności (Boguszewski, 2016; WEF, 2019). W rankingu raportu WEF za lata 2016 i 2017 Polska – wraz z Chorwacją, Węgrami, Łotwą i Słowacją – zaliczona została do grupy krajów i gospodarek etapu przejściowego, tj. między gospodarką opartą na efektach a gospodarką opartą na innowacjach. Rumunia i Bułgaria uplasowały się na etapie gospodarki opartej na efektach. Pozostałe kraje UE-28 zaliczono do etapu gospodarki opartej na innowacjach (Mazur-Wierzbicka, 2017).

**Schemat 2.** Struktura globalnego wskaźnika konkurencyjności (GCI)



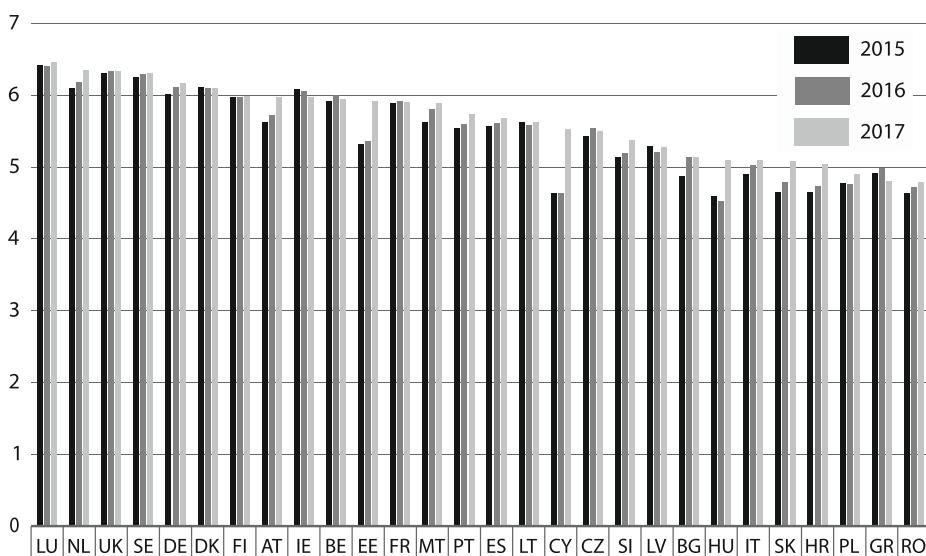
Źródło: opracowanie własne na podstawie: Schwab (2017, s. 12).

Czwarta rewolucja przemysłowa opiera się głównie na inteligentnej, zintegrowanej technologii. Od 2018 r. WEF wprowadziło nową metodykę oceny krajów oraz zmianę w układzie filarów, która w założeniach ma uwzględniać zmiany wynikające

z rewolucji przemysłowej. Obecnie wskaźnik przyjmuje wartości procentowe od 0 do 100, gdzie 100 oznacza najkorzystniejszą sytuację (Boguszewski i Mirowska-Wierzbička, 2017). Zmiany w metodyce wywołały problem porównywalności wyników w czasie, dlatego – aby zachować jednolitość danych – do analiz w niniejszej publikacji wykorzystano dane do roku 2017.

Na wyk. 2 przedstawiono wartości GCI Filar 9 dla poszczególnych krajów UE w latach 2015–2017. Najlepsze wyniki osiągnęły Luksemburg, Holandia, Wielka Brytania i Szwecja. Na najniższych miejscach znalazły się Chorwacja, Polska, Grecja i Rumunia. Największy wzrost procentowy w analizowanym okresie odnotowano w przypadku Cypru (18,97%), Estonii (11,17%) i Węgier (10,81%), spadek zaś – w Irlandii (–1,81%) i Grecji (–2,37%).

**Wykr. 2.** Wartości GCI Filar 9 w krajach UE (malejąco według 2017 r.)



Uwaga. Jak przy wyk. 1.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WEF.

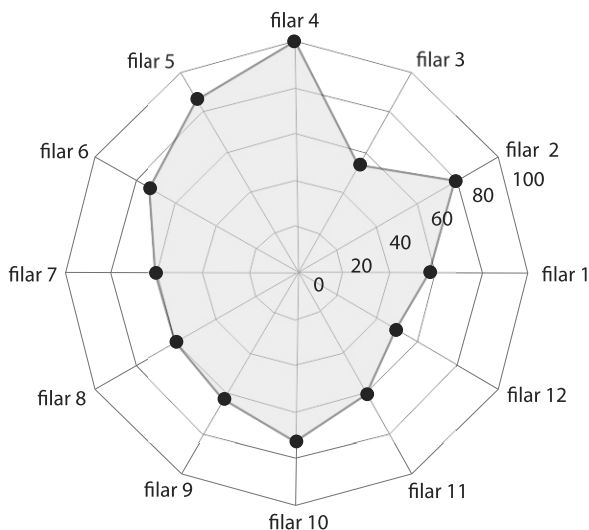
W raporcie przedstawiającym ranking w 2018 r. (Schwab, 2018) Polska znalazła się na 37. pozycji na 140 krajów. Miejsce Polski w rankingach dotyczących poszczególnych filarów przedstawia tabl. 1.

**Tabl. 1.** Filary wskaźnika GCI i pozycja Polski w 2018 r.

Filary	Pozycja w rankingu
1 – Instytucje .....	53
2 – Infrastruktura .....	27
3 – Potencjał technologiczny .....	68
4 – Otoczenie makro .....	1
5 – Zdrowie .....	49
6 – Edukacja .....	32
7 – Efektywność rynku produktów .....	38
8 – Efektywność rynku pracy .....	62
9 – Rozwój rynku finansowego .....	55
10 – Wielkość rynku .....	22
11 – Przedsiębiorczość .....	55
12 – Potencjał innowacyjny .....	38

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Schwab (2018).

Na wyk. 3 przedstawiono wynik Polski ze względu na wartość GCI w 2018 r. Wartość 100 jest punktacją maksymalną. Najwyżej został oceniony filar 4, czyli otoczenie makro (100%), najniżej zaś filar 12, czyli potencjał innowacyjny (49%).

**Wykr. 3.** Wartości GCI dla Polski w 2018 r.

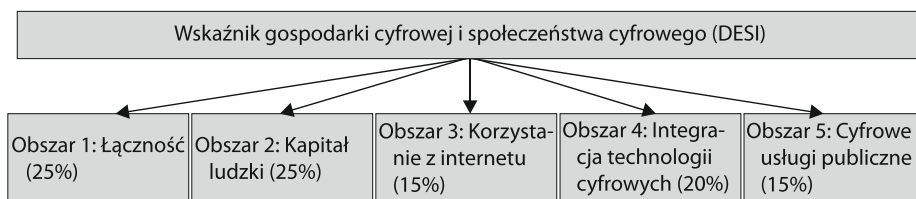
Źródło: opracowanie własne na podstawie: Schwab (2018).

### 3.3. Wskaźnik gospodarki cyfrowej i społeczeństwa cyfrowego (DESI)

DESI to złożony wskaźnik mierzący postęp krajów UE w rozwoju gospodarki cyfrowej i społeczeństwa cyfrowego, publikowany przez KE corocznie od 2014 r. Przyjmuje wartości od 0 do 1 (może też być wyrażany procentowo). Wskaźnik ten odnosi

się do pięciu głównych obszarów polityki określonych na podstawie 34 wskaźników (schemat 3). Wskaźniki wyrażane w różnych jednostkach zostały w celu agregacji znormalizowane przy użyciu metody min-max, która polega na liniowym odwzorowaniu każdego wskaźnika w skali od 0 do 1 (Kisielnicki, 2016; Komisja Europejska, 2017, 2018a, 2018b).

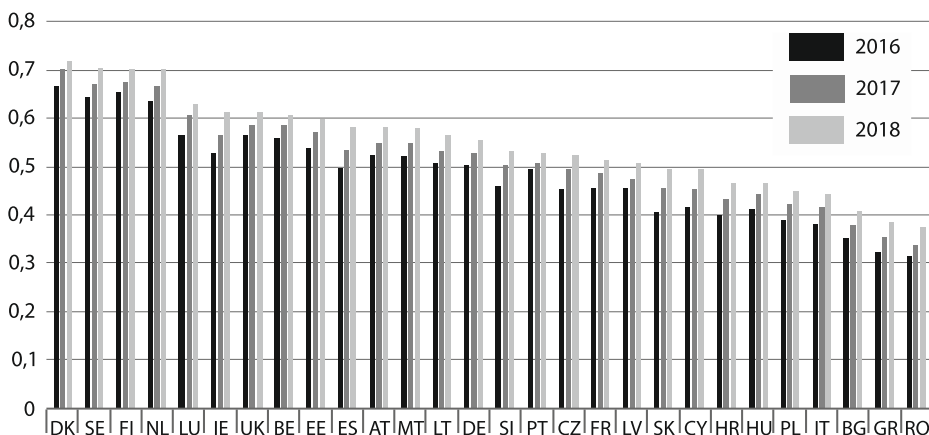
**Schemat 3.** Struktura wskaźnika gospodarki cyfrowej i społeczeństwa cyfrowego (DESI)



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Komisja Europejska (2019).

Na wyk. 4 przedstawiono wartości DESI dla poszczególnych krajów UE w latach 2016–2018. Najwyższymi wartościami tego wskaźnika charakteryzowały się Dania, Szwecja i Finlandia, natomiast najniższymi – Bułgaria, Grecja i Rumunia. W analizowanym okresie obserwuje się niewiele zmian w rankingu. Największy wzrost procentowy odnotowano na Słowacji (21,9%), w Rumunii (19,5%) i na Cyprze (18,6%), najniższy zaś – w Danii (7,6%), Finlandii (7,5%) oraz Portugalii (6,9%).

**Wykr. 4.** Wartości DESI w krajach UE (malejąco według 2018 r.)



Uwaga. Jak przy wyk. 1.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Komisja Europejska (2019).

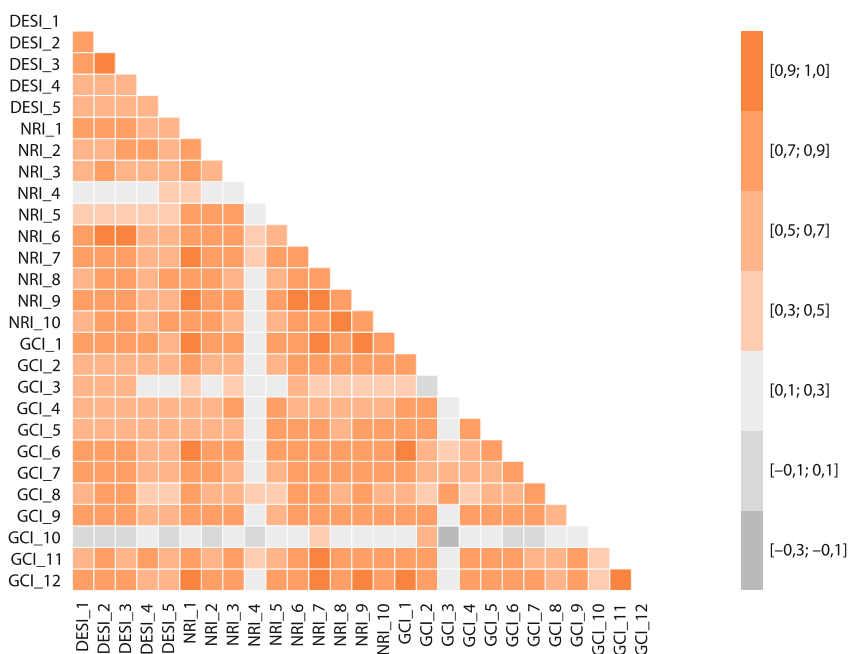


Jak pokazała analiza zmienności (wykr. 1, 2 i 4), wskaźniki globalne: NRI i GCI odzwierciedlają dynamikę zmienności krajów słabiej niż europejski wskaźnik DESI. Również szybkość rozwoju w największym stopniu oddaje DESI.

### 3.4. Macierz korelacji między wartościami DESI, NRI i GCI

Wykres 5 przedstawia diagonalną macierz korelacji dla najważniejszych komponentów wskaźników DESI, NRI i GCI.

**Wykr. 5.** Diagonalna macierz korelacji subwskaźników (filarów) DESI, NRI i GCI w 2016 r.



Źródło: opracowanie własne.

Przed rozpoczęciem klasyfikacji należy sprawdzić podstawowe założenie. Do oceny zasadności jej zastosowania niezbędne jest sprawdzenie korelacji zmiennych: im wyższe korelacje między zmiennymi pierwotnymi, tym bardziej uzasadnione jest wykorzystanie tej analizy. Należy pamiętać, że współczynnik korelacji nie musi oznaczać przyczynowości, czyli zmiana jednej zmiennej nie musi być przyczyną zmiany drugiej. Można jedynie stwierdzić trend liniowy – zmienne silnie skorelowane są wzajemnie zależne, a więc współliniowe (Nowak, 2004; Ratajczak, 2003).

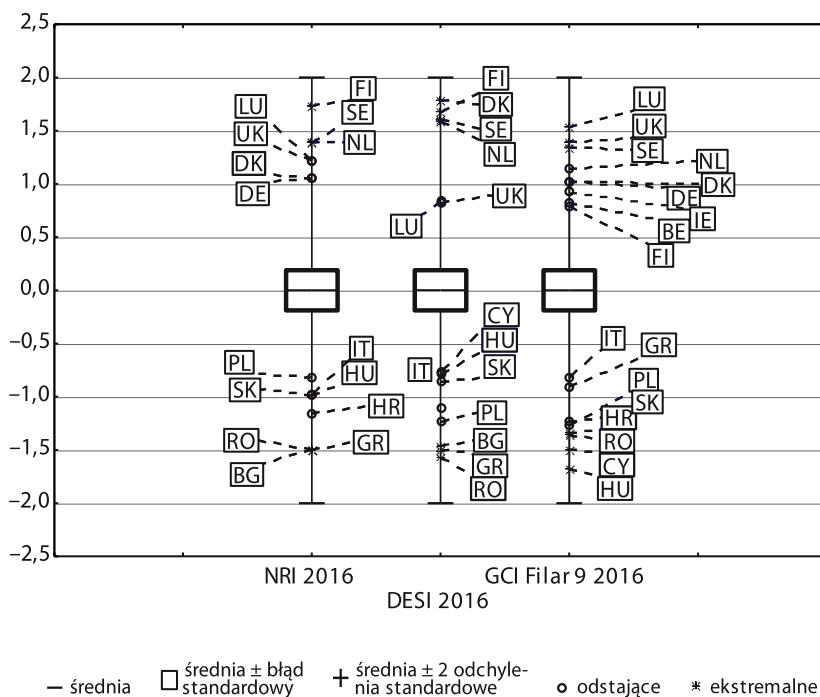
Między badanymi cechami obliczono macierz  $27 \times 27$  związków korelacyjnych.

### 3.5. Analiza podobieństwa krajów UE według wskaźników konkurencyjności cyfrowej za pomocą skupień $k$ -średnich oraz metody hierarchicznej Warda

Wyjaśnienie wieloaspektowych różnicowań gospodarek UE w zakresie cyfryzacji wymaga doboru odpowiednich wskaźników i metod badawczych. Przedstawione dwie metody pozwalają dokonać klasyfikacji w sposób możliwie obiektywny. Przed ich wykorzystaniem należy jednak podjąć kilka indywidualnych decyzji, tutaj: na ile grup podzielić analizowane kraje oraz jakie parametry uwzględnić w analizie, m.in. jaką miarę odległości zastosować w przypadku metody hierarchicznej i niehierarchicznej. W celu porównania przyjęto czteroklasowe warianty grupowania.

Zastosowane metody klasyfikacji pokazują znaczne różnicowanie otrzymanych wyników i w rezultacie różnicowanie wniosków. Nie można jednoznacznie określić ich trafności. Każda z metod podsuwa jednak określone rozwiązania na podstawie mniej lub bardziej zaawansowanej analizy statystycznej, co znacznie ogranicza zakres rozstrzygnięć subiektywnych. Podobieństwa czy różnice między krajami są ponadto określone liczbowo, co pozwala na zobiektywizowanie i zwymiarowanie relacji między nimi.

**Wykr. 6.** Wykres pudełkowy dla standaryzowanych wskaźników gospodarki cyfrowej w krajach UE w 2016 r.



Uwaga. Jak przy wykr. 1.

Źródło: opracowanie własne.

Analiza wieloczynnikowa umożliwiła pokazanie podobieństw pomiędzy krajami UE w zakresie poziomu cyfryzacji. Powstała macierz informacji przestrzennej  $28 \times 3$ , którą poddano standaryzacji (zakres zmiennych ukształtował się w przedziale od  $-1$  do  $1$ ). Standaryzacja polegała na przekształceniu wyników poprzez zastosowanie wzoru standaryzacji, dzięki czemu uzyskano znormalizowaną miarę, gdzie wartość oczekiwana wynosiła  $0$ , a wariancja  $-1$  ( $1$  oznacza, że dany wynik jest wyższy od średniej o jedno odchylenie standardowe).

**Tabl. 2.** Statystyki opisowe badanych wskaźników dla 2016 r.

Wskaźniki	Średnia	Współczynnik zmienności	Skośność	Kurtoza
NRI (skala 1–7) .....	4,9	11,81	0,08	-1,29
DESI (skala 1–100%) .....	45,1	21,76	0,20	-0,86
GCI Filar 9 (skala 1–7) .....	5,5	10,62	-0,16	-1,30
AIC <i>per capita</i> w euro .....	17508,07	52,70	0,37	-1,14

Źródło: opracowanie własne.

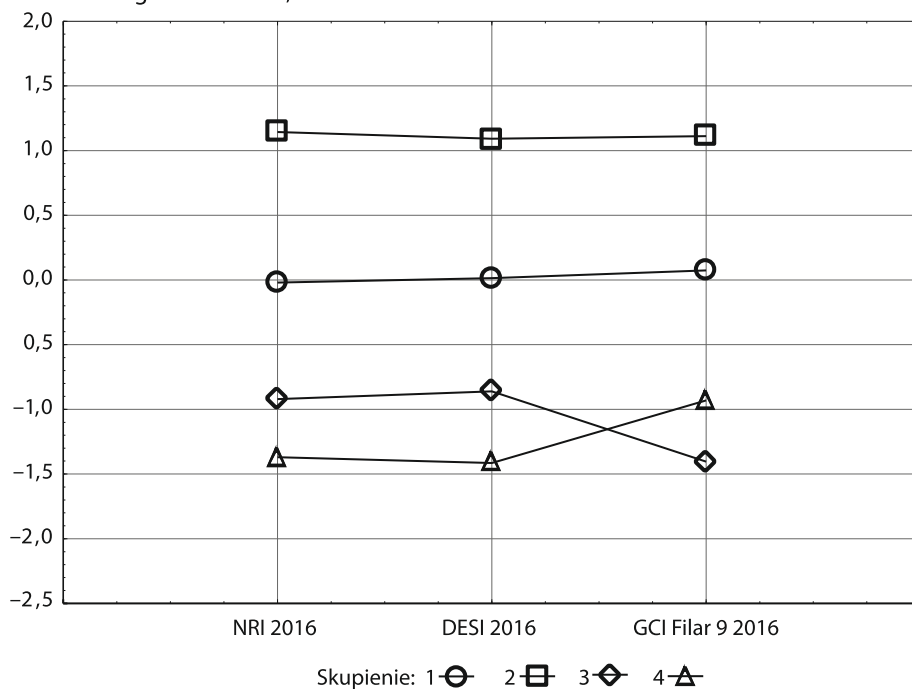
Przeprowadzona analiza wykazała, że NRI, DESI i AIC mają współczynnik skośności powyżej  $0$ , świadczący o prawostronnej asymetrii rozkładu (tabl. 2). Oznacza to, że większość krajów wykazuje niskie wartości wskaźnika. Średnia arytmetyczna ma wysoką wartość dzięki nielicznym krajom leżącym w górnych przedziałach zmienności, co ilustrują wykresy pudełkowe dla badanych wskaźników (wykr. 6). Kurtoza wyraża stopień koncentracji wokół miary centralnej (średniej czy mediany). Ujemna wartość kurtozy wskazuje na niski stopień koncentracji cechy w badanych krajach; taki wynik uzyskano dla wszystkich zmiennych.

### 3.5.1. Metoda *k*-średnich

Ta metoda ma na celu porównanie i klasyfikację obiektów opisanych za pomocą wielu atrybutów, w omawianym badaniu – przy użyciu wskaźników cyfryzacji. Procedury analizy skupień pozwalają utworzyć klasy, zwane skupieniami (klastrami), najmniej odległych od siebie lub najbardziej podobnych do siebie obiektów. Obiekty traktowane są jako punkty przestrzeni wielowymiarowej, których wymiar jest określony liczbą zmiennych diagnostycznych opisujących te obiekty, w tym przypadku gospodarki krajów UE.

Przy zastosowaniu metody niehierarchicznej otrzymano informację, jaka jest rozpiętość średnich poszczególnych skupień. Analizie poddano 28 krajów pod względem trzech zmiennych: NRI, DESI i GCI Filar 9. Na wyk. 7 przedstawiono poziomy wskaźników (w tych samych jednostkach miary) w każdym skupieniu. Skupienie 2 cechuje się najwyższymi wartościami wszystkich wskaźników, skupienie 1 – niższymi niż skupienie 2, skupienie 3 – średnimi wartościami wskaźników NRI i DESI, a niskimi – GCI Filar 9. Skupienie 4 ma niskie wartości cech NRI i DESI, a nieco wyższe – GCI Filar 9. Informację o przynależności poszczególnych krajów do danego skupienia zawarto w tabl. 3.

**Wykr. 7.** Współrzędne środków ciężkości skupienia krajów w metodzie  $k$ -średnich według wartości NRI, DESI i GCI Filar 9 w 2016 r.



Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu Statistica.

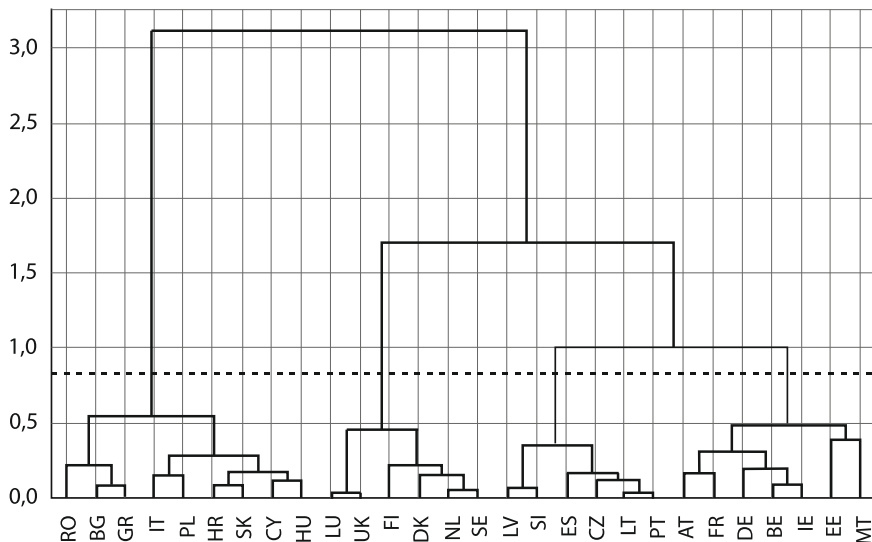
### 3.5.2. Metoda Warda

Metoda Warda polega na hierarchicznej analizie aglomeracyjnej i zapewnia podział dający minimalną wariancję wewnątrz uzyskanych skupień, a maksymalną – pomiędzy poszczególnymi skupieniami. W ten sposób otrzymuje się hierarchiczną strukturę skupień, która jest najczęściej prezentowana w formie drzewa skupień (dendrogramu). Metodę Warda wykorzystano, aby wskazać kraje o zbliżonej pozycji konkurencyjnej w układzie przestrzennym. W zależności od rozpatrywanej odległości euklidesowej między obiektami wyróżnia się mniejszą lub większą liczbę skupień. Z reguły w grupowaniu należy uwzględnić postulat, aby podział końcowy spełniał określone wymagania, tj. aby liczba wyróżnionych podzbiorów była niezbyt duża, a same podzbiory – dobrze wydzielone i wewnętrznie spójne (Salamaga, 2019; Stec, Janas i Kuliński, 2005). W obliczeniach wykorzystano wskaźniki DESI, GCI Filar 9 i NRI.

Arbitralnie wprowadzono podział krajów na cztery skupienia metodą Warda (przyjęta odległość wiązania w celu uzyskania optymalnego podziału była na poziomie 0,8). Na wykr. 8 przedstawiono wyniki grupowania krajów UE ze względu na poziom cyfryzacji gospodarek. Przynależność poszczególnych krajów do danej grupy przedstawiono w tabl. 3.

**Wykr. 8.** Grupowanie krajów UE metodą Warda

odległość wiązania



Uwaga. Jak przy wykr. 1.

Źródło: opracowanie własne.

**Tabl. 3.** Porównanie wyników klasyfikacji według metod *k*-średnich i hierarchicznej Warda

Wyszczególnienie	Poziom cyfryzacji gospodarki			
	wysoki (skupienie 2, grupa 1)	średni (skupienie 1, grupa 2)	niski (skupienie 3, grupa 3)	bardzo niski (skupienie 4, grupa 4)

**Metoda *k*-średnich<sup>a</sup> – średnia w skupieniu**

NRI .....	1,14	-0,02	-0,92	-1,37
DESI .....	1,09	0,01	-0,86	-1,41
GCI Filar 9 .....	1,11	0,07	-1,40	-0,93
Kraje .....	UK, LU, FI, SE NL, DK, BE, DE, IE	AT, EE, MT, FR SI, LV, ES, PT, LT, CZ	PL, CY, SK, HR, HU	BG, GR, IT, RO

**Klasyfikacja hierarchiczna według metody Warda<sup>b</sup> – średnia w grupie**

Średnia .....	1,30	0,50	0,20	-1,10
Kraje .....	SE, FI, NL, DK, LU, UK	DE, BE, IE, AT, EE, FR, MT	ES, PT, LT, CZ, LV, SI	CY, IT, SK, HR, PL, HU, BG, GR, RO

a Podział na skupienia. b Podział na grupy.

Uwaga. Jak przy wykr. 1.

Źródło: opracowanie własne.

W grupie krajów o średnim poziomie cyfryzacji zgodnie z podejściem hierarchicznym Warda znalazły się: Niemcy, Belgia, Irlandia, Austria, Estonia, Francja i Malta. Natomiast przy klasyfikacji metodą  $k$ -średnich Belgia, Niemcy i Irlandia trafiły do grupy krajów o najwyższym poziomie cyfryzacji. Z kolei Hiszpania, Portugalia, Litwa, Czechy, Łotwa i Słowenia tworzą oddzielną klasę o niskim poziomie cyfryzacji.

Do grupy krajów o bardzo niskim poziomie cyfryzacji według klasyfikacji metodą Warda zaliczono: Cypr, Włochy, Słowację, Chorwację, Polskę, Węgry, Bułgarię, Grecję i Rumunię. W metodzie  $k$ -średnich kraje te zostały podzielone na skupienia o niskim i bardzo niskim poziomie cyfryzacji. Wszystkie kraje w tej klasie mają bardzo niskie i ekstremalnie niskie indeksy, odstające od poziomu pozostałych grup.

Metody hierarchiczne w porównaniu z niehierarchicznymi w mniejszym stopniu zniekształcają rzeczywisty obraz. Przekształcenie wyników surowych jest stosunkowo niewielkie. Przyczynia się to zapewne do znacznie większej popularności metod hierarchicznych niż niehierarchicznych (Nowak, 2004).

### 3.6. Analiza regresji

W modelach regresji wielorakiej zakłada się, że poszczególne zmienne wpływają na zmienną objaśnianą w sposób niezależny. Czasami jest to założenie mało realistyczne (Stanisz, 2016).

Za pomocą modelu regresji podjęto próbę wyjaśnienia związku pomiędzy poziomem dobrobytu w badanych krajach a poziomem cyfryzacji według wskaźników DESI, GCI Filar 9 oraz NRI w 2016 r. Chociaż PKB *per capita* jest ważnym i szeroko stosowanym wskaźnikiem poziomu dobrobytu gospodarczego w poszczególnych krajach, przydatniejsza do porównywania względnego dobrobytu konsumentów może być rzeczywista konsumpcja indywidualna (AIC). Wskaźnik ten stanowi najważniejszą zmienną, jaką bierze pod uwagę Eurostat podczas określania ogólnego poziomu dobrobytu w danym kraju.

AIC *per capita* jest zwykle silnie skorelowany z PKB *per capita*, ponieważ w praktyce AIC jest zdecydowanie największym składnikiem wydatków PKB. Do analizy poziomu dobrobytu gospodarczego wykorzystano dane Eurostatu za 2016 r. (Bluszcz, 2018; Eurostat, 2017, 2019).

W celu uwzględnienia równoczesnego oddziaływania wielu zmiennych na modelowany wskaźnik przeprowadzono analizę regresji wielorakiej mającą postać:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_{NRI} + \beta_2 X_{DESI} + \beta_3 X_{GCI \text{ Filar 9}}$$

gdzie  $\beta$  to współczynnik regresji.

W dobrze dopasowanym modelu regresyjnym zmienne objaśniające muszą być jak najbardziej skorelowane ze zmienną objaśnianą. Otrzymane współczynniki korelacji liniowej Pearsona potwierdzają występowanie silnych dodatnich korelacji pomiędzy: NRI i AIC ( $r = 0,84$ ), GCI Filar 9 oraz AIC ( $r = 0,82$ ), a także DESI i AIC ( $r = 0,75$ ).

**Tabl. 4.** Wyniki analizy regresji wielorakiej zmiennej zależnej AIC przeprowadzonej metodą krokową

Wyszczególnienie	$b^*$	Błąd standardowy z $b^*$	$b$	Błąd standardowy z $b$	$t(24)$	$p$
<b>Krok pierwszy: trzy niezależne wskaźniki cyfryzacji</b>						
Podsumowanie regresji zmiennej zależnej AIC ( $N = 28$ )	$R = 0,867$ ; $R^2 = 0,752$ ; popr. $R^2 = 0,722$ ; $F(3,24) = 24,376$ ; $p < 0,0000$ ; błąd standardowy estymacji 0,527					
Wyraz wolny .....	.	.	0,000	0,099	0,000	1,000
NRI .....	0,685	0,302	0,685	0,302	2,269	0,032
DESI .....	-0,190	0,260	-0,190	0,260	-0,733	0,471
GCI Filar 9 .....	0,382	0,217	0,382	0,218	1,754	0,093
<b>Krok drugi: po usunięciu najmniej istotnego wskaźnika cyfryzacji</b>						
Podsumowanie regresji zmiennej zależnej AIC ( $N = 28$ )	$R = 0,864$ ; $R^2 = 0,747$ ; popr. $R^2 = 0,727$ ; $F(2,25) = 36,970$ ; $p < 0,0000$ ; błąd standardowy estymacji 0,520					
Wyraz wolny .....	.	.	0,000	0,099	0,000	1,000
NRI .....	0,530	0,213	0,530	0,214	2,483	0,020
GCI Filar 9 .....	0,359	0,213	0,359	0,214	1,682	0,104
<b>Krok trzeci: tylko istotny wskaźnik NRI</b>						
Podsumowanie regresji zmiennej zależnej AIC ( $N = 28$ )	$R = 0,848$ ; $R^2 = 0,719$ ; popr. $R^2 = 0,708$ ; $F(1,26) = 66,452$ ; $p < 0,0000$ ; błąd standardowy estymacji 0,540					
Wyraz wolny .....	.	.	0,000	0,102	0,000	1,000
NRI .....	0,847	0,104	0,847	0,104	8,152	0,000

Uwaga.  $b^*$  – współczynnik regresji dla danego predyktora,  $b$  – wyraz wolny,  $R$  – współczynnik korelacji,  $R^2$  – współczynnik determinacji,  $t$  – stopnie swobody,  $F$  – wartości statystyki testowej istotności regresji.

Źródło: opracowanie własne.

Zmienną, która najlepiej wyjaśnia AIC (ok. 72% wariacji zmiennej AIC), jest NRI. Wartość statystyki  $F = 66,452$  i odpowiadająca jej wartość  $p$  potwierdzają statystyczną istotność modelu liniowego. Wartość statystyki  $t$  wykorzystanej do oceny istotności współczynnika regresji  $\beta_1$  oraz odpowiadający jej poziom prawdopodobieństwa potwierdzają, że parametr ten istotnie różni się od 0. Interpretując oszacowaną wartość oceny tego parametru (0,85), można stwierdzić, że wzrost wartości

NRI o jedną jednostkę spowoduje wzrost AIC przeciętnie o 0,85. Błąd standardowy estymacji wynosi 0,54.

#### 4. Podsumowanie

Pomiar wpływu technologii informacyjno-komunikacyjnych na gospodarkę jest zagadnieniem złożonym ze względu na wielość zmiennych i trudny wybór tych, które w największym stopniu pozwalają na odzwierciedlenie istotnych zależności.

Zaproponowana w pracy analiza porównawcza krajów UE dotycząca oceny cyfryzacji gospodarek dała możliwość obiektywnej i ilościowej oceny stopnia rozwoju poszczególnych krajów. W badaniach wykorzystano dane pochodzące z baz Światowego Forum Ekonomicznego, Eurostatu oraz Komisji Europejskiej.

Wielowymiarowa analiza porównawcza pozwoliła na wyodrębnienie grupy krajów podobnych do siebie pod względem: europejskiego wskaźnika gospodarki cyfrowej i społeczeństwa cyfrowego (DESI), filaru 9 globalnego wskaźnika konkurencyjności (GCI Filary 9) oraz globalnego wskaźnika gotowości sieciowej (NRI).

Do krajów o wysokim poziomie cyfryzacji według metody *k*-średnich zaliczono: Belgię, Niemcy, Danię, Finlandię, Irlandię, Luksemburg, Holandię, Szwecję oraz Wielką Brytanię. Natomiast przy zastosowaniu metody hierarchicznej Warda Belgia, Niemcy i Irlandia znalazły się w grupie krajów o średnim poziomie cyfryzacji. Kraje o najwyższym poziomie cyfryzacji gospodarki odznaczają się jednocześnie największym dobrobytem gospodarczym wyrażonym wskaźnikiem rzeczywistej konsumpcji indywidualnej (AIC). Wszystkie te kraje należą do krajów starej Unii. Najniższy poziom cyfryzacji, zarówno w przypadku metody hierarchicznej, jak i niehierarchicznej, występuje w krajach nowej Unii. Spośród krajów starej Unii najniższym poziomem cyfryzacji odznaczają się: Grecja, Włochy, Hiszpania oraz Portugalia.

Ocena ilościowych związków między różnymi wskaźnikami cyfryzacji dokonana metodą regresji wielorakiej potwierdziła, że wskaźnikiem najlepiej służącym do oceny poziomu dobrobytu społecznego i gospodarczego krajów według rzeczywistej konsumpcji indywidualnej jest wskaźnik gotowości sieciowej.

#### Bibliografia

- Bal-Domańska, B. (2015). Statystyczne bazy danych jako narzędzie monitoringu zrównoważonego rozwoju – wybrane aspekty teoretyczne. *Przegląd Statystyczny*, 62(4), 435–455.
- Baller, S., Battista, A., Dutta, S., Lanvin, B. (2016). The Networked Readiness Index 2016. W: S. Baller, S. Dutta, B. Lanvin, *The Global Information Technology Report 2016* (s. 3–38). Genewa: World Economic Forum, INSEAD. Pobrane z: [http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF\\_GITR\\_Chapter1.1\\_2016.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF_GITR_Chapter1.1_2016.pdf).
- Bluszcz, A. (2018). Jak zmierzyć zrównoważony rozwój – alternatywy dla PKB. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie / Politechnika Śląska*, (118), 87–97.



- Boguszewski, P. (2016). *Globalny raport konkurencyjności 2016–17 Światowego Forum Gospodarczego*. Pobrane z: [https://www.nbp.pl/aktualnosci/wiadomosci\\_2016/20160928\\_awans.pdf](https://www.nbp.pl/aktualnosci/wiadomosci_2016/20160928_awans.pdf) (dostęp: 11.06.2019).
- Boguszewski, P., Mirowska-Wierzbicka, D. (2017). *Globalny raport konkurencyjności 2017–18 Światowego Forum Gospodarczego*. Pobrane z: [https://www.nbp.pl/aktualnosci/wiadomosci\\_2017/GCR2017-18.pdf](https://www.nbp.pl/aktualnosci/wiadomosci_2017/GCR2017-18.pdf) (dostęp: 2.08.2019).
- Eurostat. (2017). *Glossary: Actual individual consumption (AIC)*. Pobrane z: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Actual\\_individual\\_consumption\\_\(AIC\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Actual_individual_consumption_(AIC)).
- Eurostat. (2018). *Digital economy and society statistics – enterprises*. Pobrane z: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Digital\\_economy\\_and\\_society\\_statistics\\_-\\_enterprises](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Digital_economy_and_society_statistics_-_enterprises) (dostęp: 28.05.2019).
- Eurostat. (2019). *Słownik: Parytet siły nabywczej (PPPs)*. Pobrane z: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Purchasing\\_power\\_parities\\_\(PPPs\)/pl](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Purchasing_power_parities_(PPPs)/pl) (dostęp: 10.07.2019).
- Grynia, A. (2015). Znaczenie sektora ICT w podnoszeniu międzynarodowej konkurencyjności gospodarki Litwy. *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, 44(4/1), 177–191. DOI: 10.15584/nsawg.2015.4.1.16.
- GUS. (2017). *Information society in Poland. Results of statistical surveys in the year 2013–2017*. Warszawa: Główny Urząd Statystyczny. Pobrane z: [https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/en/defaultaktualnosci/3417/1/4/1/information\\_society\\_in\\_poland\\_results\\_of\\_statistical\\_surveys\\_in\\_the\\_years\\_2013-2017.pdf](https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/en/defaultaktualnosci/3417/1/4/1/information_society_in_poland_results_of_statistical_surveys_in_the_years_2013-2017.pdf) (dostęp: 25.06.2019).
- GUS. (2018). *Spółczesność informacyjna w Polsce. Wyniki badań statystycznych z lat 2014–2018*. Warszawa: Główny Urząd Statystyczny.
- Jorgenson, D. W., Vu, K. M. (2016). The ICT revolution, world economic growth, and policy issues. *Telecommunications Policy*, (40), 383–397. DOI: 10.1016/j.telpol.2016.01.002.
- Kisielnicki, J. (2016). Innowacyjność gospodarki polskiej na tle wybranych krajów Unii Europejskiej i świata. *Studia Ekonomiczne. Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach*, (281), 67–79.
- Komisja Europejska. (2017). *Europe's digital progress report 2017*. Pobrane z: [http://ec.europa.eu/newsroom/document.cfm?doc\\_id=45188](http://ec.europa.eu/newsroom/document.cfm?doc_id=45188).
- Komisja Europejska. (2018a). *DESI 2018: Digital Economy and Society Index: Methodological note*. Pobrane z: [http://ec.europa.eu/information\\_society/newsroom/image/document/2018-20/desi-2018-methodology\\_E886EDCA-B32A-AEFB-07F5911DE975477B\\_52297.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2018-20/desi-2018-methodology_E886EDCA-B32A-AEFB-07F5911DE975477B_52297.pdf) (dostęp: 18.05.2019).
- Komisja Europejska. (2018b). *Indeks gospodarki cyfrowej i społeczeństwa cyfrowego (DESI) 2018. Sprawozdanie krajowe dotyczące Polski*. Pobrane z: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi> (dostęp: 25.04.2019).
- Komisja Europejska. (2019). *Digital Single Market: Policy: The Digital Economy and Society Index (DESI)*. Pobrane z: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi> (dostęp: 30.05.2019).
- Kos-Łabędowicz, J. (2017). Wykorzystanie ICT w wybranych państwach zachodniej hemisfery. *Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, (336), 118–133.
- Mazur-Wierzbicka, E. (2017). Konkurencyjność Polski na tle krajów unijnych. *Studia i Prace WNEIZ US*, 49(1), 227–241.

- Nowak, E. (2004). *Metody klasyfikacji w badaniach geograficznych (analiza porównawcza)*. Kielce, Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- Pieriegud, J. (2016). Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa – wymiar globalny, europejski i krajowy. W: J. Gajewski, W. Paprocki, J. Pieriegud (red.), *Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa: szanse i wyzwania dla sektorów infrastrukturalnych* (s. 11–38). Gdańsk: Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową – Gdańska Akademia Bankowa.
- Ratajczak, W. (2003). Analiza regresji a składowe główne. W: H. Rogacki (red.), *Problemy interpretacji wyników metod badawczych stosowanych w geografii społeczno-ekonomicznej w gospodarce przestrzennej* (s. 61–70). Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- Salamaga, M. (2019). Analiza pozycji konkurencyjnej krajów UE w handlu zagranicznym z wykorzystaniem metod CMS i Warda. *Przegląd Statystyczny*, 66(1), 69–82.
- Schwab, K. (2017). *The Global Competitiveness Report 2017–2018. Insight Report*. Pobrane z: <http://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017-2018.pdf> (dostęp: 8.07.2019).
- Schwab, K. (2018). *The Global Competitiveness Report 2018*. Pobrane z: [http://www.cdi.org.pe/pdf/IGC/2018/The\\_Global\\_Competitiveness\\_Report\\_2018.pdf](http://www.cdi.org.pe/pdf/IGC/2018/The_Global_Competitiveness_Report_2018.pdf) (dostęp: 20.07.2019).
- Stanisz, A. (2016). *Modele regresji logistycznej. Zastosowania w medycynie, naukach przyrodniczych i społecznych*. Kraków: StatSoft Polska.
- Stec, M., Janas, A., Kuliński, A. (2005). Grupowanie państw Unii Europejskiej ze względu na zasoby kapitału ludzkiego i intelektualnego. *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, (6), 135–146.
- Sylwestrzak, M. (2018). Wpływ ICT na wzrost gospodarczy w krajach Unii Europejskiej w latach 2006–2016. *Ekonomiczne Problemy Usług*, 2(1), 361–369. DOI: 10.18276/epu.2018.131/1-35.
- WEF. (2019). *The Global Competitiveness Index – What is Measured*. Pobrane z: [http://www.economy.ge/uploads/ek\\_ciprebshi/reitingebi/reitingebi\\_eng/gci.pdf](http://www.economy.ge/uploads/ek_ciprebshi/reitingebi/reitingebi_eng/gci.pdf) (dostęp: 19.05.2019).
- Żelazny, R. (2015). Determinanty rozwoju społeczeństwa informacyjnego – implikacje dla rozwoju gospodarczego. *Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, (213), 45–58.