

Zróżnicowanie wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych w krajach Unii Europejskiej

Jolanta Wojnar^a

Streszczenie. Celem badania omawianego w artykule jest ocena zróżnicowania krajów Unii Europejskiej pod względem stopnia wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT). Do analizy wybrano 15 wskaźników opisujących wykorzystanie ICT przez osoby fizyczne i gospodarstwa domowe. Dane pochodziły ze sprawozdań Głównego Urzędu Statystycznego oraz bazy Eurostatu i dotyczyły 2017 r. W analizie zróżnicowania zastosowano metodę analizy składowych głównych. Wykonano także analizę skupień za pomocą metody *k*-średnich.

Z badania wynika, że liderami w dziedzinie wykorzystania ICT są kraje skandynawskie i kraje Beneluksu. Wśród najniżej ocenionych znajdują się kraje południowej i południowo-wschodniej Europy oraz Polska.

Słowa kluczowe: analiza składowych głównych, metoda *k*-średnich, technologie informacyjno-komunikacyjne, ICT

JEL: C38, O52

Diversity in the use of information and communication technologies among European Union countries

Abstract. The aim of the research discussed in the article is to assess the diversity among European Union countries in terms of the use of information and communication technologies (ICT). Fifteen indicators describing the use of ICT by natural persons and households were selected for the analysis. The data were obtained from Statistics Poland reports and from the Eurostat database for the year 2017. The method of principal components analysis was applied in the process of analysing the diversity. Moreover, a cluster analysis based on the *k*-means method was performed.

The analysis demonstrates that Scandinavian and Benelux countries are the leaders in using ICT, while countries of southern and south-eastern Europe as well as Poland are the lowest rated.

Keywords: principal component analysis, *k*-means method, information and communication technologies

^a Uniwersytet Rzeszowski, Kolegium Nauk Społecznych. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6962-4610>.

1. Wprowadzenie

Technologie informacyjno-komunikacyjne (information and communication technologies, ICT) uznano w ostatnim dziesięcioleciu za kluczowy czynnik wzrostu i rozwoju gospodarczego (Campisi, Nicola, Farhadi i Mancuso, 2013; Madon, 2000; Papaioannou i Dimelis, 2007; Pejić Bach, 2014; Roztocki, Soja i Weistroffer, 2019; Roztocki i Weistroffer, 2016; Toader, Firtescu, Roman i Sorin, 2018), a także ważny czynnik warunkujący dobrobyt (Kasprzyk, 2013; Palvia, Baqir i Nemati, 2018). Rozwój ICT i coraz większa dostępność tych technologii powodują konieczność uwzględnienia ich wpływu na szeroko rozumianą konkurencyjność krajów (Kowal i Paliwoda-Pękosz, 2017; Zoroja, 2015; Zoroja i Pejić Bach, 2016).

Zakres wykorzystania ICT w poszczególnych krajach kształtuje się odmiennie, co wynika przede wszystkim z różnic kulturowych, ekonomicznych, technologicznych i społecznych (Pejić Bach, Zoroja i Bosilj Vuksic, 2013; Roztocki i in., 2019; Zoroja, 2015). Zróżnicowania te mogą występować na poziomie nie tylko kraju, lecz także regionów i mniejszych jednostek, np. miast, w związku z czym istotne staje się prowadzenie badań w zakresie oceny wykorzystania ICT także w mniejszej skali.

Literatura dotycząca wykorzystania ICT jest bardzo bogata – obejmuje publikacje naukowe, raporty (Baller, Dutta i Lanvin, 2016; ITU, 2017) i opracowania statystyczne (GUS, 2017). Dostępne są prace na temat wpływu ICT na gospodarkę zarówno na poziomie globalnym (Doong i Ho, 2012; Pick i Nishida, 2015), jak i regionalnym (Kos-Łabędowicz, 2017; Savulescu, 2015; Vicente i López, 2011) oraz krajowym (Szkudlarek i Milczarek, 2014; Talar i Kos-Łabędowicz, 2015; Tomaszewska, 2013; Wojnar, 2015).

Przedmiotem wielu opracowań jest zrównoważone społeczeństwo informacyjne (Karczmarczyk, Wątróbski, Jankowski i Ziemia, 2019; Szkudlarek i Milczarek, 2014; Ziemia, 2018, 2019). Autorzy tych prac przeanalizowali, w jaki sposób wdrażanie ICT (oceniane poprzez nakłady na te technologie, zarządzanie nimi i ich jakość oraz kulturę informacyjną) wpływa na ekonomiczny, społeczny i ekologiczny wymiar zrównoważonego rozwoju. W badaniach wykazywano dużą zależność pomiędzy wykorzystaniem ICT a zrównoważonym rozwojem zarówno w gospodarstwach domowych, jak i przedsiębiorstwach.

Pomiar dostępu do ICT i ich wykorzystania, będący jednocześnie pomiarem rozwoju społeczeństwa informacyjnego, jest zagadnieniem złożonym ze względu na mnogość wskaźników oraz problem wyboru tych, które najlepiej odwzorowują istotne zależności (Misuraca, Codagnone i Rossel, 2013; Schlichter i Danylchenko, 2014). Trudności pomiaru wynikają również ze stopnia skomplikowania tematyki i jej wieloaspektowości. Wskaźniki identyfikujące poziom dostępu do ICT wchodzi w skład różnych miar zagregowanych, konstruowanych w celu pomiaru nie tylko poziomu

rozwoju ICT, lecz generalnie – społeczeństwa informacyjnego. Można wśród nich wskazać takie miary, jak liczone dla krajów ICT Development Index (ITU, 2017), DESI (European Commission, 2018) i Networked Readiness Index (Baller i in., 2016) czy Indeks Społeczeństwa Informacyjnego ESPON, skonstruowany dla regionów NTS 2 w Europie (ESPON, 2007).

Przy dokonywaniu oceny wykorzystania ICT w krajach Unii Europejskiej (UE), regionach czy nawet przedsiębiorstwach autorzy sięgają zarówno po metody proste, oparte na wartościach pojedynczych wskaźników (Bajdor, 2015; Olszak i Ziemba, 2011; Tomaszewska, 2013; Zecevic, Radovic Stojanovic i Cudan, 2019), jak i metody wielowymiarowe, umożliwiające konstruowanie własnych agregatowych mierników oceny (Wojnar, 2015; Ziemba, 2018; Zoroja i Pejić Bach, 2015), pozwalających na porównanie krajów pod względem wdrażania ICT. Niektórzy badacze oprócz analizy statycznej, za pomocą której oceniają poziom wykorzystania ICT w wybranym momencie czasowym (Zoroja i Pejić Bach, 2016), stosują podejście dynamiczne i analizują zmiany w określonym przedziale czasowym, z wykorzystaniem danych panelowych (Toader, Firtescu, Roman i Sorin, 2018; Zoroja, 2015).

Pomiaru wykorzystania ICT w regionach dokonuje się za pomocą różnych wskaźników i różnych metod badawczych. Trwają dyskusje na temat ich wyboru i interpretacji wyników. Zastosowanie dotychczasowych metod pomiaru i zestawów wskaźników często nie daje pełnego obrazu rozwoju społeczeństwa informacyjnego, który – co warto podkreślić – przebiega dynamicznie, i nie pozwala na rzetelną ocenę zjawiska. Rodzi to konieczność ciągłego poszukiwania nowych wskaźników, metod pomiaru i analizy materiału empirycznego do oceny i porównania dostępności i wykorzystania ICT. Ograniczeniem jest jednak dostęp do danych gromadzonych przez statystykę publiczną w porównaniu z potrzebami informacyjnymi.

Celem badania omawianego w artykule jest ocena zróżnicowania krajów UE pod względem stopnia wykorzystania ICT. W badaniu zastosowano metodę analizy składowych głównych, a także wykonano analizę skupień za pomocą metody *k*-średnich.

2. Metoda badania

Analizę zróżnicowania procesu kształtowania się społeczeństwa informacyjnego w Polsce i pozostałych krajach UE przeprowadzono na podstawie 15 wskaźników opisujących wykorzystanie ICT przez osoby fizyczne i gospodarstwa domowe. Dane pochodzą z bazy Eurostatu oraz ze sprawozdań GUS (GUS, 2018) i dotyczą 2017 r. Pod uwagę wzięto wskaźniki zarówno dostępu do ICT, jak i wykorzystania tych technologii. Wybrano te wskaźniki, które obejmują różne obszary wykorzystania ICT, tj. zasoby komputerowe, internet, działalność i usługi biznesowe, handel elektroniczny, e-administrację, sieci społecznościowe online oraz umiejętności cyfrowe.

O doborze wskaźników decydowała również ich porównywalność i dostępność dla wszystkich krajów UE. W badaniu uwzględniono następujące wskaźniki (wyrażone w %):

- X_1 – dostęp do internetu;
- X_2 – szerokopasmowy dostęp do internetu;
- X_3 – dostęp do internetu poza domem i miejscem pracy za pośrednictwem urządzeń mobilnych;
- X_4 – dostęp do komputera w domu;
- X_5 – regularne korzystanie z internetu;
- X_6 – czytanie internetowych serwisów informacyjnych;
- X_7 – wysyłanie/odbieranie poczty elektronicznej;
- X_8 – korzystanie z serwisów społecznościowych;
- X_9 – dokonywanie zakupów przez internet;
- X_{10} – korzystanie z bankowości internetowej;
- X_{11} – wyszukiwanie usług turystycznych i zakwaterowania przez internet;
- X_{12} – poszukiwanie pracy lub wysłanie aplikacji przez internet;
- X_{13} – wyszukiwanie informacji na stronach administracji publicznej;
- X_{14} – wysyłanie wypełnionych formularzy przez internet;
- X_{15} – umiejętności cyfrowe podstawowe lub powyżej podstawowych.

W badaniu zastosowano analizę składowych głównych (principal component analysis, PCA). To jedna z najwcześniej opracowanych metod wielowymiarowych, której konstrukcję zapoczątkował Pearson (1901), a rozwijali ją Hotteling (1933, 1936), Rao (1964) oraz Eriksson, Johansson i Kettaneh-Wold (1999). Ideę analizy składowych głównych stanowi redukcja znacznej liczby zmiennych do kilku nieskorelowanych wskaźników zachowujących możliwie dużą część informacji o badanym zjawisku zawartych w zmiennych pierwotnych. To metoda nieparametryczna, a więc nie wymaga założeń o rozkładzie analizowanych zmiennych, a dzięki zminimalizowaniu liczby zmiennych potrzebnych do wyjaśnienia danego zagadnienia znacząco upraszcza interpretację wyników. Znajduje zastosowanie w licznych dziedzinach nauki (Czernyszewicz, 2008; Kamińska i Andrejko, 2006; Kolasa-Więcek, 2012). Jednak tylko niewiele opracowań dotyczy zastosowania tej techniki do oceny wykorzystania ICT w krajach UE (Zamfir i Iordache, 2019). W tego typu badaniach autrzy częściej sięgają po metody porządkowania i grupowania obiektów (Dachin, 2015; Zoroja i Pejić Bach, 2016).

Istota analizy składowych głównych polega na liniowym przekształceniu wyjściowego zbioru skorelowanych cech (zmiennych) X_1, \dots, X_p w zbiór nowych nieskorelowanych zmiennych Y_1, \dots, Y_p , zwanych składowymi głównymi (ang. *principal components*) (Jolliffe, 2002). To przekształcenie można zapisać w postaci układu równań:

$$\begin{aligned} Y_1 &= w_{11}X_1 + w_{21}X_2 + \dots + w_{p1}X_p \\ Y_2 &= w_{12}X_1 + w_{22}X_2 + \dots + w_{p2}X_p \\ &\vdots \\ Y_p &= w_{1p}X_1 + w_{2p}X_2 + \dots + w_{pp}X_p \end{aligned} \quad (1)$$

W wyniku obliczeń otrzymuje się p głównych składowych. Współczynniki w_{ij} , $i, j = 1, 2, \dots, p$ nazywa się ładunkami czynnikowymi (ang. *factor loadings*). Do dalszych analiz wybiera się te spośród nich, które zapewniają wystarczająco duży udział w wyjaśnieniu ogólnej zmienności zmiennych wyjściowych. Zazwyczaj wybiera się taką liczbę pierwszych składowych, żeby łączna wariancja była nie mniejsza niż 75% ogólnej zmienności (Morrison, 1990).

Do wyboru liczby składowych głównych stosowane są również bardziej obiektywne kryteria, takie jak kryterium Kaisera (Kaiser i Ruser, 2000), polegające na pozostawieniu do dalszej analizy tylko tych czynników, których wartości własne są większe od 1, i kryterium ospiska.

Przekształcenie zmiennych wyjściowych w nieskorelowane składowe główne jest niezaprzeczalną zaletą. To, że pierwsze kilka głównych składowych zawiera zwykle większość informacji zawartych w danych wyjściowych, można wykorzystać do uzyskania optymalnego rzutowania wielowymiarowej przestrzeni danych na płaszczyznę dwuwymiarową lub przestrzeń trójwymiarową. Takie rzuty stanowią wygodną formę graficznej prezentacji danych i są jednym z podstawowych powodów stosowania analizy składowych głównych.

Tę metodę statystyczną można wykorzystać również do grupowania badanych obiektów. Jednak w tym przypadku należy zachować ostrożność, ponieważ analiza składowych głównych nie informuje o podziale na grupy badanych obiektów. Może być użyta jedynie do wstępnej analizy przed dalszymi badaniami, takimi jak analiza skupień. W omawianym badaniu w celu pogrupowania obiektów (krajów UE) na jednorodne skupienia (grupy) przeprowadzono analizę skupień na wartościach składowych metodą k -średnich dla $k = 3$. Współrzędne wskazujące na położenie każdego obiektu w nowej przestrzeni zmiennych obliczono, mnożąc macierz standaryzowanych zmiennych wyjściowych przez wartość współczynników głównych składowych.

Interpretacja składowych polega najczęściej na analizie wkładu zmiennych pierwotnych w budowę składowej głównej. Odbywa się to poprzez porównanie modułów współczynników stojących przy danej zmiennej pierwotnej. Maksymalna wartość modułu współczynnika stojącego przy zmiennej pierwotnej wskazuje na maksymalny wkład tej zmiennej w budowę składowej głównej.

Punktem wyjścia do analizy składowych głównych jest macierz korelacji lub macierz kowariancji, ponieważ macierze zawierają całą informację niezbędną do wyzna-

czenia tych składowych. W omawianym badaniu do analizy składowych głównych użyto macierzy korelacji. Obliczenia potrzebne do przeprowadzenia analiz statystycznych oraz umieszczone w pracy wykresy zostały wykonane przy użyciu programu Statistica PL.

3. Wyniki badania

3.1. Opis i charakterystyka zmiennych

Wartości podstawowych statystyk opisowych analizowanych zmiennych, które dostarczają wielu istotnych informacji o zróżnicowaniu wykorzystania ICT w krajach UE, przedstawiono w tabl. 1.

Tabl. 1. Wartości wskaźników wykorzystania ICT w krajach UE w 2017 r.

Zmienne	Średnia	Minimum	Maksimum	Dla Polski	Współczynnik zmienności
	w %				
X_1	84,4	67 (BG)	98 (NL, DK)	82	9,6
X_2	83,2	67 (BG)	98 (NL)	78	9,7
X_3	66,4	32 (IT)	87 (NL)	40	21,0
X_4	82,2	63 (BG)	98 (NL)	82	10,6
X_5	80,1	61 (RO)	96 (LU)	73	12,6
X_6	65,3	39 (IT)	85 (LU)	60	18,5
X_7	70,6	45 (RO)	94 (DK)	60	21,4
X_8	57,9	43 (FR)	75 (DK)	48	16,7
X_9	52,6	16 (RO)	83 (GB)	45	37,3
X_{10}	52,6	5 (BG)	90 (DK)	40	44,2
X_{11}	38,5	11 (BG)	71 (LU)	23	42,5
X_{12}	16,2	5 (CZ)	29 (FI)	12	36,3
X_{13}	46,5	7 (RO)	87 (DK)	21	40,9
X_{14}	33,9	4 (RO)	72 (SE)	21	58,5
X_{15}	56,9	29 (BG)	85 (LU)	46	24,5

Uwaga. BG – Bułgaria, CZ – Czechy, DK – Dania, FI – Finlandia, FR – Francja, GB – Wielka Brytania, IT – Włochy, LU – Luksemburg, NL – Holandia, RO – Rumunia, SE – Szwecja.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostatu, <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (dostęp: 8.08.2019).

W 2017 r. ponad 84% Europejczyków miało dostęp do internetu w domu, a w ponad 82% gospodarstw domowych znajdował się przynajmniej jeden komputer. W Polsce wskaźniki te były nieznacznie niższe od średniej w UE. Różnica dzieląca Polskę od przodujących pod tym względem Holandii i Danii wyniosła 16 p.proc. W Holandii odnotowano również największy odsetek gospodarstw domowych posiadających dostęp do szerokopasmowego internetu (98%). Warto podkreślić, że w tych krajach wartości omawianych zmiennych były najmniej zróżnicowane – współczynnik zmienności kształtował się na poziomie 10%. Nieco

większymi dysproporcjami charakteryzował się odsetek użytkowników, którzy regularnie (co najmniej raz w tygodniu) korzystają z internetu. Przeciętna wartość tej cechy wynosiła 80%. Z urządzeń przenośnych w celu łączenia się z internetem poza domem lub miejscem pracy w 2017 r. korzystało ponad 66% użytkowników.

W celach prywatnych internet najczęściej wykorzystywano do obsługi poczty elektronicznej (niemal 71%) oraz lektury internetowych serwisów informacyjnych (65% osób w wieku 16–74 lat). Najwyraźniejsze zróżnicowanie uwidoczniło się w przypadku odsetka osób korzystających z usług bankowych. Największe wartości tego wskaźnika odnotowano w Danii (90%), a najmniejsze – w Bułgarii (5%). W Polsce było to 40%, o niespełna 13 p.proc. mniej niż średnia w UE. Znaczne różnice można było zaobserwować pod względem popularności zakupów dokonywanych przez internet. W 2017 r. najczęściej z tej formy zakupów korzystali mieszkańcy Wielkiej Brytanii (83%), a najrzadziej – mieszkańcy Rumunii (16%). Odsetek osób robiących zakupy przez internet w Polsce był niższy od średniej unijnej i wynosił 45%.

Jednym z ważniejszych badanych zagadnień było wykorzystywanie internetu do kontaktu z organami administracji publicznej. W 2017 r. z możliwości wyszukiwania informacji na stronach urzędów skorzystało prawie 47% mieszkańców UE. Największy ich odsetek obserwowano w Danii (87%), a najmniejszy – w Rumunii (7%). Najbardziej zauważalne dysproporcje dotyczyły wysyłania przez internet wypełnionych formularzy urzędowych. Z tej formy usług korzystało przeciętnie niespełna 34% internautów w krajach UE. Zdecydowanym liderem pod tym względem jest Szwecja (72%), a ostatnie miejsce zajmuje Rumunia (4%).

Ważnym wskaźnikiem są umiejętności cyfrowe. Prawie 60% użytkowników deklarowało podstawowe lub powyżej podstawowych umiejętności cyfrowe. Najlepiej w tym zakresie radzą sobie mieszkańcy Luksemburga (85%), a najgorzej – mieszkańcy Bułgarii (29%). W Polsce co najmniej podstawowy poziom umiejętności cyfrowych deklaruje 46% osób w wieku 16–74 lat korzystających z internetu.

Z przedstawionej charakterystyki wyłania się zróżnicowany obraz wykorzystania ICT w krajach UE. Należy zauważyć, że największe wartości wskaźników osiągają Holandia, Dania, Luksemburg i Finlandia. W grupie krajów o najniższych wskaźnikach aktywności internetowej znajdują się Bułgaria i Rumunia. Pozycja Polski na tle krajów UE, pomimo dynamicznego rozwoju ICT, jest relatywnie niska. W przypadku wszystkich rozpatrywanych wskaźników dotyczących celów i obszarów wykorzystywania ICT wyniki Polski są niższe od średniej unijnej.

3.2. Wyniki analizy składowych głównych

Na kolejnym etapie analizy zweryfikowano podobieństwa między krajami w zakresie wykorzystania ICT. Odczytanie stopnia wzajemnych związków między poszczególnymi zmiennymi jest możliwe dzięki macierzy korelacji, w której podano wartości współczynnika korelacji Pearsona (tabl. 2).

Tabl. 2. Macierz korelacji między zmiennymi

Zmienne	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
X_1	100	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
X_2	0,98	1,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
X_3	0,77	0,80	1,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
X_4	0,97	0,95	0,77	1,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
X_5	0,93	0,91	0,84	0,93	1,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
X_6	0,63	0,66	0,63	0,68	0,76	1,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.
X_7	0,92	0,89	0,78	0,92	0,96	0,73	1,00	.	.	.	.	.	.	.	.
X_8	0,58	0,60	0,72	0,58	0,66	0,59	0,57	1,00	.	.	.	.	.	.	.
X_9	0,93	0,89	0,79	0,94	0,96	0,68	0,96	0,55	1,00	.	.	.	.	.	.
X_{10}	0,87	0,83	0,71	0,88	0,92	0,77	0,93	0,60	0,91	1,00	.	.	.	.	.
X_{11}	0,89	0,90	0,82	0,88	0,91	0,65	0,87	0,52	0,90	0,77	1,00	.	.	.	.
X_{12}	0,73	0,71	0,68	0,73	0,75	0,65	0,69	0,68	0,73	0,75	0,66	1,00	.	.	.
X_{13}	0,66	0,64	0,66	0,67	0,78	0,80	0,78	0,55	0,71	0,85	0,63	0,73	1,00	.	.
X_{14}	0,66	0,60	0,63	0,63	0,72	0,62	0,69	0,54	0,65	0,83	0,54	0,72	0,82	1,00	.
X_{15}	0,89	0,90	0,78	0,90	0,95	0,79	0,93	0,58	0,93	0,88	0,91	0,74	0,75	0,63	1,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostatu, <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (dostęp: 8.08.2019).

Wartość bezwzględna współczynnika korelacji Pearsona świadczy o sile zależności między zmiennymi – im wyższa, tym związek jest silniejszy. Wartości współczynników korelacji obliczonych dla poszczególnych par zmiennych wynosiły od 0,58 do 0,97, co wskazuje na występowanie silnej współzależności pomiędzy zmiennymi. Oznacza to, że tylko część informacji wnoszonej przez każdą ze zmiennych jest swoista, a reszta powtarza informację wnoszoną przez inne zmienne. W analizie PCA duże wartości współczynników są pożądaną cechą, ponieważ tylko wtedy analiza składowych głównych może skutecznie zmniejszyć liczbę wskaźników opisujących badane obiekty (tu: kraje UE). W takiej sytuacji zasadne jest przekształcenie zmiennych pierwotnych w nowe, wzajemnie nieskorelowane zmienne, zwane składowymi głównymi.

Wyznaczono wartości własne macierzy korelacji (tabl. 3), które odzwierciedlają istotność składowych głównych w wyjaśnianiu zasobów informacyjnych zmiennych wejściowych (procent wyjaśnianej zmienności zbioru danych).

Tabl. 3. Wartości własne macierzy korelacji

Składowe główne	Wartości własne		Skumulowane wartości własne	
		w % ogółu wariancji		w %
1	11,83	78,83	11,83	78,83
2	1,01	6,70	12,83	85,53
3	0,67	4,48	13,50	90,01
4	0,44	2,94	13,94	92,95
5	0,31	2,05	14,25	95,00
6	0,25	1,67	14,50	96,67
7	0,16	1,06	14,66	97,72
8	0,11	0,72	14,77	98,45
9	0,09	0,60	14,86	99,05
10	0,05	0,34	14,91	99,39
11	0,03	0,21	14,94	99,60
12	0,03	0,17	14,97	99,77
13	0,02	0,12	14,98	99,89
14	0,01	0,08	15,00	99,96
15	0,01	0,04	15,00	100,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostatu, <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (dostęp: 8.08.2019).

Na podstawie kryterium Keisera do dalszych analiz wybrano pierwsze dwie składowe główne, które przenoszą ponad 85% zmienności pierwotnych danych. Można więc z dobrym przybliżeniem analizować pierwotny zbiór danych jedynie w dwóch wymiarach. Przyjęto, że opis zróżnicowania badanych krajów przedstawiony w układzie dwóch pierwszych składowych głównych będzie czytelnym – a zarazem w miarę dokładnym – przybliżeniem podobieństwa krajów pod względem badanych cech.

Interpretacji składowych głównych dokonuje się na podstawie wartości ich współczynników (tabl. 4), które stanowią jednocześnie współczynniki korelacji liniowej pomiędzy zmiennymi wejściowymi i składowymi głównymi.

Tabl. 4. Wartość ładunków składowych głównych

Zmienne	Składowe główne	
	pierwsza	druga
X_1	-0,94	0,23
X_2	-0,93	0,26
X_3	-0,86	0,01
X_4	-0,94	0,23
X_5	-0,98	0,08
X_6	-0,80	-0,48
X_7	-0,86	-0,41
X_8	-0,69	-0,51
X_9	-0,85	0,20
X_{10}	-0,74	-0,12

Tabl. 4. Wartość ładunków składowych głównych (dok.)

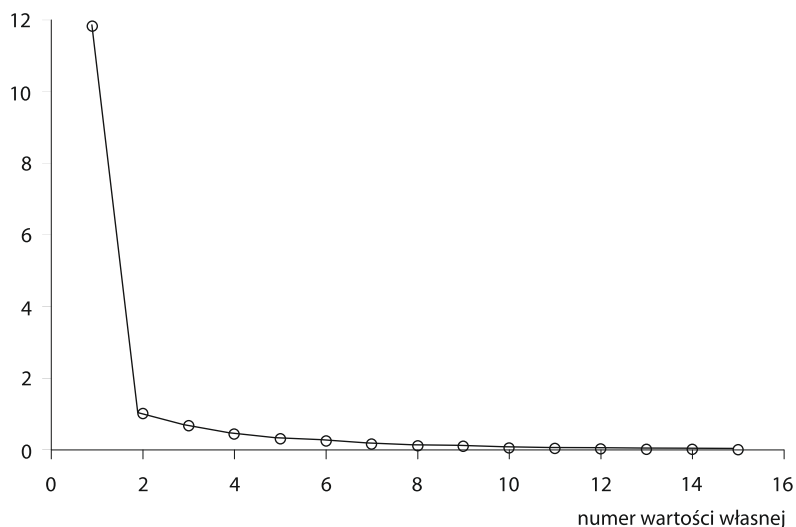
Zmienne	Składowe główne	
	pierwsza	druga
X_{11}	-0,70	0,31
X_{12}	-0,82	-0,27
X_{13}	-0,82	-0,42
X_{14}	-0,77	-0,36
X_{15}	-0,98	0,13

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostatu, <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (dostęp: 8.08.2019).

Decyzję o wyborze pierwszych dwóch składowych głównych potwierdza wykres osypiska (wykr. 1). Miejsce na wykresie, w którym linia malejąca przechodzi w poziomą, to tzw. koniec osypiska.

Wykr. 1. Osypisko dla wartości własnych macierzy korelacji

wartość własna



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostatu, <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (dostęp: 8.08.2019).

Pierwsza składowa główna wyjaśnia 78,83% informacji. Ma ona największe ujemne ładunki, związane przede wszystkim ze zmiennymi X_1 , X_2 , X_4 i X_5 , charakteryzującymi dostęp do ICT (istotną rolę odgrywa zarówno wyposażenie w sprzęt informatyczny, jak i dostęp do internetu), oraz zmienną X_{15} , opisującą umiejętności cyfrowe. W skład drugiej składowej wchodzi głównie zmienne X_6 , X_7 , X_8 i X_{13} , związane z wykorzystaniem ICT. Druga składowa wyjaśnia 6,7% zmienności danych. Ważnym celem jest

nadanie interpretacji składowym poprzez ich powiązania ze zmiennymi wyjściowymi. Pierwszą składową można więc interpretować jako zmienną syntetyczną informującą o dostępie do ICT i umiejętnościach cyfrowych, a drugą – jako wykorzystanie ICT.

Nowe składowe są jednocześnie osiami nowej, dwuwymiarowej płaszczyzny, w której można umieścić punkty reprezentujące kraje UE. Dla każdego analizowanego kraju wyznaczono wartości obu składowych głównych; przedstawiono je na wykr. 2. Na osi poziomej zaznaczono wartości pierwszej składowej głównej, a na osi pionowej – wartości drugiej składowej.

Wykres rozrzutu, pokazujący położenie obiektów względem siebie, obrazuje stopień podobieństwa krajów – im bliżej względem siebie zlokalizowane są punkty, tym bardziej podobne informacje z zakresu rozpatrywanego zestawu cech charakteryzują porównywane kraje. Graficzne przedstawienie tych odległości pozwoliło wychwycić obiekty, które odstają od innych. Na wykr. 2 wyraźnie widać, że są kraje znacznie odstające od pozostałych, jak również takie, które są do siebie podobne ze względu na zmienne reprezentowane przez składowe główne. Kraje położone najbliżej środka układu współrzędnych charakteryzują się wartościami wskaźników na poziomie średniej europejskiej.

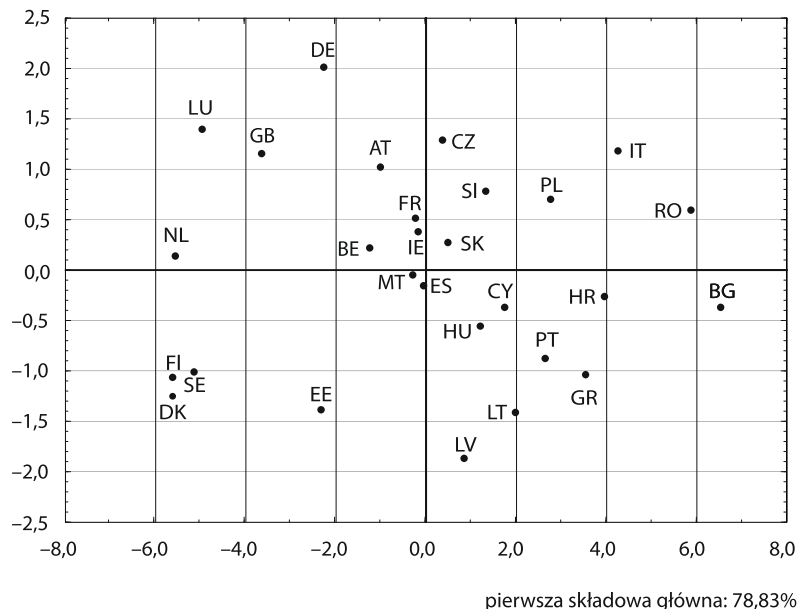
Za pomocą analizy składowych głównych nie można jednak ustalić liczby skupień krajów podobnych pod względem rozpatrywanego zestawu cech, a równocześnie różniących się między skupieniami. Nie jest też możliwe przyporządkowanie krajów do odpowiednich skupień. Dlatego przeprowadzono analizę skupień metodą k -średnich, w której $k = 3$, odrębnie dla każdej składowej głównej. Uzyskano w ten sposób dwie dość podobne klasyfikacje. Wyniki grupowania dla pierwszej i drugiej składowej głównej przedstawiono na mapie (s. 51).

W miarę jednorodną grupę krajów (grupa I), którą wyróżniono na podstawie pierwszej składowej głównej, tworzą: Finlandia, Szwecja, Wielka Brytania, Dania, Niemcy, Estonia, Luksemburg i Holandia. W klasyfikacji przeprowadzonej na podstawie drugiej składowej do tego skupienia nie zaklasyfikowano Niemiec. Grupa I skupia kraje przodujące w UE pod względem rozwoju społeczeństwa informacyjnego – poziomu dostępu do ICT i ich wykorzystania. Wskaźniki wykorzystania ICT w tych krajach przyjmują maksymalne wartości. To kraje z najmniejszym ładunkiem, tj. najbardziej na lewo oddalone od pierwszej składowej głównej na wykr. 2.

Wśród krajów ocenionych najniżej (zaklasyfikowanych do grupy III) na podstawie pierwszej składowej głównej znalazły się kraje południowej i południowo-wschodniej Europy: Włochy, Chorwacja, Grecja, Portugalia, Bułgaria i Rumunia oraz Polska. Zgodnie z klasyfikacją na podstawie drugiej składowej głównej poza tą grupą znalazły się Grecja i Portugalia. Na wykr. 2 kraje z grupy III leżą po prawej stronie tej składowej. W analizowanym układzie dwóch składowych Polska ma niską pozycję na tle krajów UE.

Wykr. 2. Rzut krajów UE na płaszczyznę pierwszych dwóch składowych głównych

druga składowa główna: 6,70%



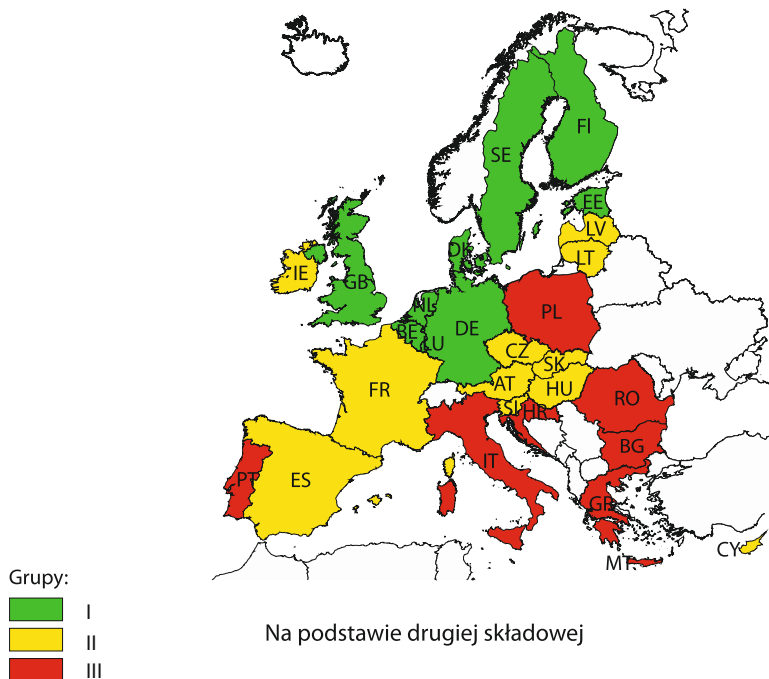
Uwaga. AT – Austria, BE – Belgia, BG – Bułgaria, CY – Cypr, CZ – Czechy, DE – Niemcy, DK – Dania, EE – Estonia, ES – Hiszpania, FI – Finlandia, FR – Francja, GB – Wielka Brytania, GR – Grecja, HR – Chorwacja, HU – Węgry, IE – Irlandia, IT – Włochy, LT – Litwa, LU – Luksemburg, LV – Łotwa, MT – Malta,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

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostatu, <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (dostęp: 8.08.2019).

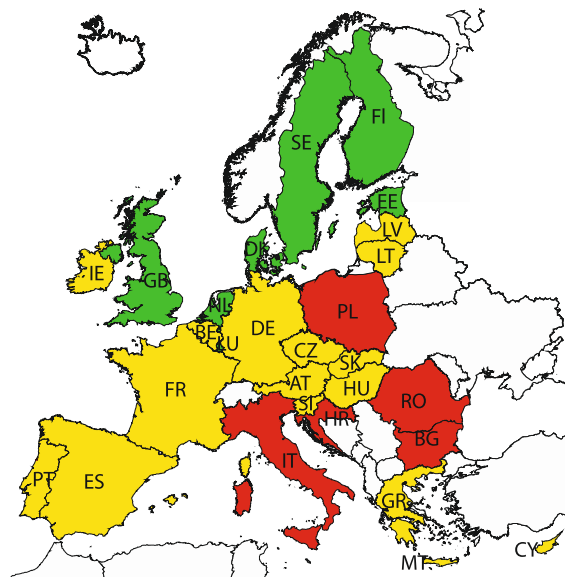
Podobne wyniki, świadczące o wysokim poziomie rozwoju krajów północnej Europy w zakresie wykorzystania ICT i niskim poziomie w krajach leżących w południowo-wschodniej części kontynentu, uzyskał Savulescu (2015). Badacz ten podkreśla, że „wysiłki Unii Europejskiej mają na celu zmniejszenie przepaści cyfrowej w Europie i stworzenie prawdziwego wewnętrznego rynku cyfrowego” (Savulescu, 2015, s. 518). Becker, Becker, Sulikowski i Zdziebko (2018) wykorzystali metodę *k*-średnich do badania krajów środkowej Europy w zakresie wykorzystania ICT w przedsiębiorstwach. Ustalili, że w badanym okresie liderami były Słowenia i Austria, a najgorzej radziła sobie Polska, wyprzedzona przez Węgry. Metodę składowych głównych oraz grupowanie krajów europejskich pod kątem wykorzystania ICT zastosowali również Zamfir i Iordache (2019), którzy przeanalizowali sytuację 35 krajów europejskich. Wyniki ich badania pokazują rozwarstwienie – Rumunia, Bułgaria, Polska, Grecja, Włochy, Turcja i Portugalia mają najniższy wskaźnik wykorzystania ICT, a najbardziej rozwinięte pod tym względem są: Norwegia, Szwecja, Finlandia, Islandia, Wielka Brytania i Niemcy. W najnowszych badaniach Polska na tle krajów UE plasuje się na jednym z ostatnich miejsc; wyprzedza jedynie Bułgarię i Rumunię.

Mapa grupowania krajów UE na podstawie pierwszych dwóch składowych głównych

Na podstawie pierwszej składowej



Na podstawie drugiej składowej



Uwaga. Jak przy wyk. 2.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostatu, <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (dostęp: 8.08.2019).

4. Podsumowanie

W społeczeństwie informacyjnym istotną rolę odgrywa zarówno dostęp do technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT), jak i ich wykorzystanie. Można zaryzykować stwierdzenie, że dostęp do ICT jest warunkiem koniecznym kształtowania się społeczeństwa informacyjnego. Nie opracowano dotąd jednolitej, powszechnie akceptowanej metodologii pomiaru rozwoju sektora informacyjnego w gospodarkach narodowych. Rodzi to potrzebę poszukiwania nowych rozwiązań w tym zakresie.

Procedura badawcza wykorzystana w badaniu omawianym w niniejszym artykule umożliwia ocenę wielokryterialnie pojmowanego zjawiska zróżnicowania poziomu wykorzystania ICT. Metoda analizy składowych głównych pozwoliła na redukcję piętnastowymiarowej przestrzeni do dwóch składowych, które wyjaśniają ponad 85% całkowitego zasobu zmienności znajdującego się w wyjściowym zbiorze cech. Pierwsza składowa główna wyjaśnia 78,83% informacji i obejmuje charakterystykę związaną z dostępem do ICT i umiejętnościami cyfrowymi. Druga składowa wyjaśnia 6,70% zmienności danych i obrazuje różne obszary wykorzystania ICT. Uznano zatem, że opis zróżnicowania badanych krajów przedstawiony w układzie pierwszych dwóch składowych głównych jest czytelnym i w miarę dokładnym przybliżeniem podobieństwa krajów pod względem badanych cech.

Przeprowadzona analiza wykazała wyraźne zróżnicowanie krajów UE w zakresie wykorzystania ICT. Badania potwierdziły występowanie przepaści cyfrowej pomiędzy liderami wśród krajów UE (zaklasyfikowanymi do grupy I), do których należą trzy kraje skandynawskie: Finlandia, Szwecja i Dania, a także Estonia, Wielka Brytania i dwa kraje Beneluksu: Luksemburg i Holandia, a najniżej sklasyfikowanymi krajami południowej i południowo-wschodniej Europy: Włochami, Chorwacją, Grecją, Portugalią, Bułgarią i Rumunią oraz Polską.

Pozycja Polski na tle krajów UE jest niska. Jeśli chodzi o wyposażenie w komputery i dostęp do internetu, Polska znajduje się blisko średniej europejskiej, natomiast pod względem zaawansowania technologicznego dysproporcje są już bardzo wyraźne.

Budowanie społeczeństwa informacyjnego to proces długi i wymagający nakładów finansowych. Obecnie zapewne można byłoby przeznaczyć znacznie większe kwoty z funduszy europejskich na skoordynowane, planowe i perspektywiczne przedsięwzięcia w Polsce. Wymaga to jednak aktywności państwa i spójnej polityki w zakresie wykorzystania ICT w zarządzaniu publicznym. Mimo wielu działań i starań Polska pod względem informatyzacji społeczeństwa plasuje się na jednym z ostatnich miejsc w Europie. Wpływa na to wiele czynników. Do najważniejszych należą: brak środków na wprowadzanie kosztownych systemów, brak odpowiednich usług elektronicznych, ograniczony dostęp do szerokopasmowego internetu oraz

mała świadomość obywateli dotycząca wykorzystania informatyki w różnych dziedzinach życia. Na podstawie przeprowadzonego badania można stwierdzić, że rozwój infrastruktury ICT powinien być priorytetem w polityce rządowej, przyczynia się on bowiem do promowania wzrostu gospodarczego kraju.

W ramach dalszych badań wskazane byłoby porównanie zmian wartości badanych wskaźników w wielu punktach czasowych, co pozwoliłoby na zobrazowanie postępów każdego kraju w budowaniu społeczeństwa informacyjnego oraz wskazanie, jaki wpływ ICT wywierają na rozwój społeczno-gospodarczy.

Bibliografia

- Bajdor, P. (2015). The Use of Information and Communication Technologies in Polish Companies in Comparison to Companies from European Union. *Procedia Economics and Finance*, 27, 702–712. DOI: 10.1016/S2212-5671(15)01051-5.
- Baller, S., Dutta, S., Lanvin, B. (red.). (2016). *The Global Information Technology Report 2016*. Pobrane z: <https://www.weforum.org/reports/the-global-information-technology-report-2016>.
- Becker, J., Becker, A., Sulikowski, P., Zdziebko, T. (2018). ANP-based analysis of ICT usage in Central European enterprises. *Procedia Computer Science*, 126, 2173–2183. DOI: 10.1016/j.procs.2018.07.231.
- Campisi, D., Nicola, A., Farhadi, M., Mancuso, P. (2013). Discovering the impact of ICT, FDI and human capital on GDP: a cross-sectional analysis. *International Journal of Engineering Business Management*, 5, 5–46. DOI: 10.5772/56922.
- Czernyszewicz, E. (2008). Zastosowanie analizy głównych składowych do opisu konsumenckiej struktury jakości jabłek. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(57), 119–127.
- Dachin, A. (2015). IT clusters in the European Union and the location significance. *Romania Journal of Regional Science*, 9(1), 54–63.
- Doong, S. H., Ho, S. (2012). The Impact of ICT Development on the Global Digital Divide. *Electronic Commerce Research and Applications*, 11(5), 518–533. DOI: 10.1016/j.elerap.2012.02.002.
- Eriksson, L., Johansson, E., Kettaneh-Wold, N., Wold, S. (1999). *Introduction to Multi- and Megavariate Data Analysis Using Projection Methods (PCA & PLS)*. Umea: Umetrics AB.
- ESPON. (2007). *Identyfikacja istotnych przestrzennie aspektów społeczeństwa informacyjnego, Projekt ESPON 1.2.3. Raport końcowy*. Pobrane z: www.espon.eu.
- European Commission. (2018). *Digital Economy and Society Index 2018 Report*. Pobrane z: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/digital-economy-and-society-index-2018-report>.
- GUS. (2017). *Spółczeństwo informacyjne w Polsce w 2017 r.* Pobrane z: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/nauka-i-technika-spolczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne-w-polsce-w-2017-roku,2,7.html>.
- GUS. (2018). *Spółczeństwo informacyjne w Polsce. Wyniki badań statystycznych z lat 2014–2018*. Pobrane z: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/nauka-i-technika-spolczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne-w-polsce-wyniki-badan-statystycznych-z-lat-2014-2018,1,12.html>.

- Hofman, A., Aravena, C., Aliaga, V. (2016). Information and Communication Technologies and Their Impact in the Economic Growth of Latin America, 1990–2013. *Telecommunications Policy*, 40(5), 485–501. DOI: 10.1016/j.telpol.2016.02.002.
- Hotteling, H. (1933). Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components. *Journal of Educational Psychology*, 24(6), 417–441. DOI: 10.1037/h0071325.
- Hotteling, H. (1936). Simplified Computation of Principal Components. *Psychometrika*, 1, 27–35. DOI: 10.1007/BF02287921.
- ITU. (2017). *Measuring the Information Society Report 2017*. Pobrane z: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis2017.aspx>.
- Jolliffe, I. T. (2002). *Principal component analysis* New York: Springer.
- Kaiser, E. A., Ruser, R. (2000). Nitrous oxide emissions from arable soils in Germany – An evaluation of six long-term field experiments. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 163, 249–260. DOI: 10.1002/1522-2624(200006)163:3%3C249::AID-JPLN249%3E3.0.CO;2-Z.
- Kamińska, A., Andrejko, D. (2006). Zastosowanie analizy składowych głównych w badaniu wpływu nawilżania nasion łubinu żółtego odmiany radames na ich wielkość. *Inżynieria Rolnicza*, 7(82), 241–246.
- Karczmarczyk, A., Wątróbski, J., Jankowski, J., Ziemba, E. (2019). Comparative study of ICT and SIS measurement in Polish households using a MCDA-based approach. *Procedia Computer Science*, 159, 2616–2628. DOI: 10.1016/j.procs.2019.09.254.
- Kasprzyk, B. (2013). Klasyfikacja krajów UE-27 w zakresie poziomu rozwoju społeczeństwa informacyjnego. *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, 35, 237–251.
- Kolasa-Więcek, A. (2012). Wykorzystanie metody PCA w analizie parametrów powiązanych z rolniczymi emisjami gazów cieplarnianych w Europie. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 57(1), 77–79.
- Kos-Łabędowicz, J. (2017). Wykorzystanie ICT w wybranych państwach zachodniej hemisfery. *Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, 336, 10–25.
- Kowal, J., Paliwoda-Pękosz, G. (2017). ICT for Global Competitiveness and Economic Growth in Emerging Economies: Economic, Cultural, and Social Innovations for Human Capital in Transition Economies. *Information Systems Management*, 34(4), 304–307. DOI: 10.1080/10580530.2017.1366215.
- Madon, S. (2000). The Internet and socio-economic development: Exploring the interaction. *Information Technology & People*, 13(2), 85–101. DOI: 10.1108/09593840010339835.
- Misuraca, G., Codagnone, C., Rossel, P. (2013). From Practice to Theory and Back to Practice: Reflexivity in Measurement and Evaluation for Evidence-based Policy Making in the Information Society. *Government Information Quarterly*, 30, 68–82. DOI: 10.1016/j.giq.2012.07.011.
- Morrison, D. F. (1990). *Wielowymiarowa analiza statystyczna*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Olszak, C., Ziemba, E. (2011). The Use of ICT for Economic Development in the Silesian Region in Poland. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 6, 197–216. DOI: 10.28945/1392.
- Palvia, P., Baqir, N., Nemati, H. (2018). ICT for socio-economic development. A citizens' perspective, *Information & Management*, 55(2), 160–176. DOI: 10.1016/j.im.2017.05.003.

- Papaioannou, S. K., Dimelis, S. P. (2007). Information technology as a factor of economic development, evidence from developed and developing countries. *Economics of Innovation and New Technology*, 16(3), 179–194. DOI: 10.1080/10438590600661889.
- Pearson, K. (1901). On lines planes of closest fit to a system of points in space. *Philosophical Magazine*, 2, 557–572. DOI: 10.1080/14786440109462720.
- Pejić Bach, M. (2014). Exploring information and communications technology adoption in enterprises and its impact on innovation performance of European countries. *Ekonomický časopis*, 62(4), 335–362.
- Pejić Bach, M., Zoroja, J., Bosilj Vuksic, V. (2013). Review of corporate digital divide research: A decadal analysis (2003–2012). *International Journal of Information Systems and Project Management*, 1(4), 41–55. DOI: 10.12821/ijispm010403.
- Pick, J. B., Nishida, T. (2015). Digital divides in the world and its regions: A spatial and multivariate analysis of technological utilization. *Technological Forecasting and Social Change*, 91, 1–17. DOI: 10.1016/j.techfore.2013.12.026.
- Rao, C. R. (1964). The Use and Interpretation of Principal Components in Applied Research. *Sankhya* (Series A), 26, 329–358.
- Roztocki, N., Soja, P., Weistroffer, H. R. (2019). The role of Information and Communication Technologies in socioeconomic development: towards a multi-dimensional framework. *Information Technology for Development*, 25, 171–183. DOI: 10.1080/02681102.2019.1596654.
- Roztocki, N., Weistroffer, H. R. (2016). Conceptualizing and researching the adoption of ICT and the impact on socioeconomic development. *Information Technology for Development*, 22(4), 541–549. DOI: 10.1080/02681102.2016.1196097.
- Savulescu, C. (2015). Dynamics of ICT Development in the EU. *Procedia Economics and Finance*, 23, 513–520. DOI: 10.1016/S2212-5671(15)00552-3.
- Schlichter, B. R., Danylchenko, L. (2014). Measuring ICT usage quality for information society building. *Government Information Quarterly*, 31, 170–184. DOI: 10.1016/j.giq.2013.09.003.
- Szkudlarek, P., Milczarek, A. (2014). Rola społeczeństwa informacyjnego w kreowaniu zrównoważonego rozwoju. *Ekonomia i Środowisko*, 3(50), 231–242.
- Talar, S., Kos-Łabędowicz, J. (2015). Unia Europejska wobec wyzwań rewolucji internetowej. *Przegląd Zachodni*, 1(354), 237–249.
- Toader, E., Firtescu, B. N., Roman, A., Sorin, G. A. (2018). Impact of Information and Communication Technology Infrastructure on Economic Growth: An Empirical Assessment for the EU Countries. *Sustainability*, 10, 2–22. DOI: 10.3390/su10103750.
- Tomaszewska, A. (2013). Dostęp do technologii informacyjno-komunikacyjnych w społeczeństwie informacyjnym. Przykład polskich regionów. *Acta Universitatis Lodziensis, Folia Oeconomica*, 290, 23–37.
- Vicente, M. R., López, A. J. (2011). Assessing the Regional Digital Divide across the European Union-27. *Telecommunications Policy*, 35(3), 220–237. DOI: 10.1016/j.telpol.2010.12.013.
- Wojnar, J. (2015). Tempo rozwoju ICT w Polsce oraz syntetyczna ocena dystansu Polski od krajów Unii Europejskiej w zakresie wykorzystania technologii informacyjnych. *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, 44(4), cz. 2, 372–382. DOI: 10.15584/nsawg.2015.4.2.32.
- Zamfir, I. C., Iordache, A. M. (2019). A view of ICT in Europe. *Journal of Information Systems & Operations Management*, 13(1), 170–178.

- Zecevic, A., Radovic Stojanovic, J., Cudan, A. (2019). The use of Information and Communication Technologies by enterprises in the European Union Member countries. *Economic Horizons*, 21(3), 273–285. DOI: 10.5937/ekonhor1903281Z.
- Ziemba, E. (2018). Synthetic Indexes for a Sustainable Information Society: Measuring ICT Adoption and Sustainability in Polish Enterprises. *Information Technology for Management. Ongoing Research and Development*, 311, 151–169. DOI: 10.1007/978-3-319-77721-4_9.
- Ziemba, E. (2019). Synthetic Indexes for a Sustainable Information Society: Measuring ICT Adoption and Sustainability in Polish Government Units. *Information Technology for Management: Emerging Research and Applications*, 346, 214–234. DOI: 10.1007/978-3-030-15154-6_12.
- Zoroja, J. (2015). Fostering Competitiveness in European Countries with ICT: GCI Agenda. *International Journal of Engineering Business Management*, 7, 1–8. DOI: 10.5772/60122.
- Zoroja, J., Pejić Bach, M. (2016). Impact of Information and Communication Technology to the Competitiveness of European Countries – Cluster Analysis Approach. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 11(2), 1–10. DOI: 10.4067/S0718-18762016000100001.