

# Zastosowanie metody PROMETHEE II do oceny zjawiska komputeryzacji i rozwoju cyfrowego Unii Europejskiej w roku 2019

**Piotr Mariusz Kozikowski**

Politechnika Białostocka, Wydział Informatyki

e-mail: 80749@student.pb.edu.pl

**Marzena Filipowicz-Chomko** 

Politechnika Białostocka, Wydział Informatyki

e-mail: m.filipowicz@pb.edu.pl

DOI: 10.24427/az-2023-0024

## Streszczenie

Celem pracy jest ocena pozycji państw Unii Europejskiej w zakresie komputeryzacji i cyfryzacji w roku 2019 uzyskanych za pomocą metody PROMETHEE II oraz wyodrębnienie grup krajów członkowskich ze względu na poziom badanego zjawiska. Przeprowadzona analiza została umotywowana wytycznymi opublikowanymi przez Komisję Europejską w ramach komunikatu „Cyfrowy kompas na 2030 r.: europejska droga w cyfrowej dekadzie”, który obejmuje tematykę wybranych do badań wskaźników. Na ich podstawie oceniono dwadzieścia siedem państw UE w obecnym kształcie i utworzono ich ranking poprzez wykorzystanie metody PROMETHEE II. Do identyfikacji grup krajów podobnych pod względem wartości przepływów netto wykorzystano metodę odchyłeń standardowych. Otrzymane wyniki wskazują na dysproporcje między krajami najpóźniej przyjętymi do wspólnoty a krajami znajdującymi się na północy Europy. Zastosowanie metody wielokryterialnej jest skutecznym wyborem przy ocenie przebiegu procesu transformacji cyfrowej wśród państw członkowskich. Wybrana metoda stanowi wygodne i łatwo interpretowalne narzędzie do badania różnych obszarów gospodarki.

## Słowa kluczowe

PROMETHEE II, analiza wielokryterialna, komputeryzacja, społeczeństwo cyfrowe, Eurostat

## Wstęp

Rozwój technologii stanowi obecnie jeden z kluczowych czynników wpływających na wzrost gospodarczy, jakość życia w danym kraju oraz odkrywanie nowych rozwiązań wspomagających ludzi w ich codziennych obowiązkach. Aby dostosować się do standardów krajów o wysokim poziomie rozwoju technologicznego, takich jak Stany Zjednoczone, Japonia czy Korea Południowa, oraz zwiększyć wygodę obywateli w korzystaniu z licznych serwisów internetowych, e-urzędów oraz pracy zdalnej, państwa, w tym kraje członkowskie Unii Europejskiej (UE), inwestują w rozwój swojej infrastruktury informatycznej. W ten sposób, społeczeństwo zyskuje nowe miano społeczeństwa cyfrowego, zaś proces, który postępuje od wielu lat w każdym z państw, nazywany jest komputeryzacją.

Należy jednak pamiętać, że tempo postępu zjawiska komputeryzacji i poziom rozwoju cyfryzacji w krajach UE są zróżnicowane. Co więcej, na przestrzeni ostatnich kilku lat, uwidoczniła się znacząca przepaść technologiczna względem USA i Chin, dostrzeżona w wyniku wybuchu pandemii COVID-19 [<https://eur-lex.europa.eu>, 09.03.2021]. Istnieje więc duża potrzeba monitorowania rozwoju państw członkowskich w tym zakresie, tak by móc udzielić odpowiedniego wsparcia tym krajom, które wciąż pozostają w tyle i w konsekwencji zniwelować różnice pomiędzy nimi [Andújar i in. 2021].

Celem pracy jest ocena pozycji państw UE w zakresie zjawiska komputeryzacji i cyfryzacji w roku 2019 z wykorzystaniem metody PROMETHEE II na podstawie danych Europejskiego Urzędu Statystycznego (Eurostat) [<https://ec.europa.eu/eurostat>, 2019]. Wariant metody PROMETHEE (ang. *Preference Ranking Organisation Method for Enriched Evaluation*) [Brans i in., 1984], stanowiącej część klasy metod wielokryterialnych opartych na relacji przewyższania, umożliwia tworzenie rankingów wariantów opierając się na porównywaniu ich parami. Ustalenie rankingów państw UE oraz ich klasyfikacja do czterech grup o podobnym poziomie zjawiska komputeryzacji pozwoli zaobserwować różnice między krajami w zakresie tego zjawiska. Może stanowić też punkt odniesienia dla rządzących przy wyborze państw wymagających wsparcia, które pozwoli na wyeliminowanie istniejących dysproporcji. Opisana w tej pracy metoda jest szeroko stosowana przy badaniu różnych obszarów gospodarki, włączając w to ocenę giełd kryptowalut [Kądziółka, 2021], projektów europejskich [Górecka, 2012] oraz porównywanie różnych produktów [Piwowski i Ziemia, 2009].

Artykuł składa się z pięciu rozdziałów. W rozdziale pierwszym omówiono zjawisko komputeryzacji w świetle wymogów i zaleceń uchwalonych przez Komisję Europejską. W rozdziale drugim została zaprezentowana metodologia badania.

Przedstawiono w nim algorytm metody PROMETHEE II oraz metodę odchylen standardowych. Rozdział trzeci zawiera charakterystykę analizowanych danych oraz metody ich doboru do oceny poziomu rozwoju komputeryzacji i cyfryzacji. W rozdziale czwartym zastosowano procedurę PROMETHEE II dla wybranych wskaźników opisujących zjawisko komputeryzacji krajów członkowskich oraz rozwój cyfrowy ich obywateli oraz dokonano oceny otrzymanych wyników. Artykuł kończy podsumowanie.

## 1. Zjawisko komputeryzacji i cyfryzacji w oparciu o zalecenia Komisji Europejskiej

Komputeryzacja (ang. *computerization*) stanowi nieodłączną część procesu rozwoju technologicznego gospodarek wszystkich państw świata. Komputery oraz powiązane z nimi oprogramowania są wprowadzane do przedsiębiorstw i urzędów w celu zastąpienia dotychczasowych rozwiązań, takich jak papierowe archiwa, formularze i dokumenty, rozwiązaniami cyfrowymi, łatwiejszymi do przetwarzania i przekazywania informacji na bieżąco. Współcześnie, znaczenie tego zjawiska nabiera na znaczeniu ze względu na skalę cyfryzacji wielu obszarów funkcjonowania społeczeństwa, również tych związanych z codziennymi czynnościami, takimi jak zakupy e-commerce, korzystanie z serwisów streamingowych czy też praca zdalna. Sama cyfryzacja może być rozumiana jako adaptacja i wzrost wykorzystywania technologii cyfrowych lub komputerowych przez organizacje, sektory gospodarki, kraje [Gajewski i in., 2016, s. 12]. Terminem wywodzącym się z cyfryzacji jest również gospodarka cyfrowa (ang. *digital economy*), określająca nowy model gospodarki funkcjonujący w oparciu o rozwiązania cyfrowe czy też społeczeństwo cyfrowe (ang. *digital society*). W pracach naukowych z początku lat 70. ubiegłego wieku społeczeństwo cyfrowe jest definiowane jako to, w którym wszystkie codzienne czynności opierają się na technologii cyfrowej, niewykorzystującej papierowych nośników [Buregwa-Czuma i Garwol, 2011, s. 30 – 37; Sadiku i in., 2022, s. 353].

Wraz z coraz bardziej dynamicznym tempem zmian w branży IT (ang. *Information Technology*), wymagane jest wdrożenie nowych technologii w sektorze ICT (ang. *Information and Communication Technologies*) oraz dopasowanie się do standardów obecnych już w krajach wysoko rozwiniętych [Kleszcz i Nowak, 2020, s. 2]. Nie jest to rzeczą prostą, gdyż ze względu na zróżnicowany poziom rozwoju cyfrowego krajów członkowskich UE [<https://cordis.europa.eu>, 30.04.2007], należałoby w pierwszej kolejności zadbać o obecną infrastrukturę państw przynależących do wspólnoty najkrócej oraz wesprzeć pracowników w nabywaniu specjalistycznych

umiejętności cyfrowych. Jak wynika z badań przeprowadzonych w roku 2019 [<https://eur-lex.europa.eu>, 09.03.2021], odsetek specjalistów ICT wciąż znajduje się poniżej prognozowanego zapotrzebowania. Co więcej, średni odsetek osób posiadających podstawowe umiejętności cyfrowe na rok 2021 wynosił zaledwie 27,46 % [<https://ec.europa.eu/eurostat>, 07.03.2023], podczas gdy do roku 2030, Komisja Europejska (KE) zakłada, iż 80 % mieszkańców Unii Europejskiej powinno przyswoić wspomniane umiejętności [<https://eur-lex.europa.eu>, 09.03.2021].

Zgodnie z wytycznymi Komisji Europejskiej, przekazanymi w komunikacie „Cyfrowy kompas na 2030 r.: europejska droga w cyfrowej dekadzie”, wszystkim krajom członkowskim został postawiony cel osiągnięcia suwerenności cyfrowej poprzez wspieranie procesu transformacji cyfrowej w czterech głównych kierunkach. Zaliczały się do nich potencjał cyfrowy w zakresie infrastruktury oraz edukacji i umiejętności, a także transformacja cyfrowa przedsiębiorstw i usług publicznych [<https://eur-lex.europa.eu>, 09.03.2021]. Decyzje te wynikały z radykalnych zmian w trybie pracy obywateli UE, jakie nastąpiły w efekcie pojawienia się pandemii wirusa COVID-19, który obnażył nowe zjawisko, jakim jest „ubóstwo cyfrowe”. Uwidoczniła się przepaść między obszarami miejskimi o dobrej łączności a obszarami wiejskimi ze słabo funkcjonującymi łączkami, jak również między przedsiębiorstwami dobrze prosperującymi dzięki osiągnięciu pełnego stopnia cyfryzacji a tymi, które wciąż nie korzystały z nowych rozwiązań. Kryzys pandemiczny wymusił na każdym z krajów, również tych nieprzynależących do wspólnoty, wprowadzenie rozwiązań pozwalających na wykonywanie swoich obowiązków w formie zdalnej, a także zadbanie o wydajne, szerokopasmowe łącza internetowe pozwalające na przesyłanie ogromnej ilości danych w krótkim czasie, m.in. przechowywanie treści w chmurze.

Ważnym elementem tego zjawiska było także upowszechnienie bankowości internetowej, która stanowi obecnie istotny fundament systemu finansowego na terenie Unii Europejskiej. W roku 2019, 56,8 % osób w wieku 16 – 24 lat posługiwało się tą formą zarządzania swoimi zasobami pieniężnymi, zaś w grupie wiekowej 25 – 54 lata odsetek ten wyniósł 67 % [Madej-Kurzawa, 2020, s. 187]. Z płatnościami elektronicznymi wiąże się również popularność zakupów przez Internet, która to jest również skutkiem pandemii COVID-19 i ograniczeń w handlu nałożonych przez rządy krajów członkowskich podczas jej trwania. Trend ten był już widoczny przed pojawieniem się wirusa, lecz w ciągu ostatnich trzech lat nabral on tempa, co też zostało odnotowane przez Eurostat. W pierwszym roku trwania pandemii, 72 % obywateli UE kupowało, bądź zamawiało towary lub usługi do użytku prywatnego poprzez Internet [<https://bank.pl>, 19.02.2021], co stanowiło wzrost w stosunku do roku poprzedniego o 4 p.p. Samo użytkowanie sieci internetowej również stanowi realny

problem na terenie UE, gdyż realizacja strategii Komisji Europejskiej związanej z upowszechnieniem dostępu do sieci 5G jest opóźniona do tego stopnia, iż zaledwie 11 krajów jest w stanie zapewnić mieszkańcom swoich miast stały, niezakłócony dostęp do tej technologii [https://www.dw.com/, 24.01.2022]. Propozycja KE sugeruje objęcie wszystkich europejskich gospodarstw domowych siecią gigabitową, zaś zaludnione obszary – zasięgiem sieci 5G.

Wyraźne zmiany w użyciu infrastruktury cyfrowej oraz cele postawione przez KE w dążeniu do pełnej cyfrowej niezależności sygnalizują konieczność analizowania zjawiska komputeryzacji i cyfryzacji. Jest to podyktowane potrzebą zaspokojenia poziomu ambicji w każdym z wyróżnionych obszarów, co wiąże się z monitorowaniem tempa transformacji cyfrowej i realizacji założonej wizji.

## 2. Metodyka badania

Metody wielokryterialnej analizy decyzyjnej są ważnymi i użytecznymi narzędziami, które pozwalają rozwiązywać złożone problemy w różnych obszarach. Do najbardziej popularnych metod można zaliczyć: SAW (ang. *Simple Additive Weighting Method*) [Churchman i Ackoff, 1954, s. 172 - 187], AHP (ang. *Analytical Hierarchy Process*) [Saaty, 1980], TOPSIS (ang. *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) [Hwang i Yoon, 1981], VIKOR (serb. *VIsekrzterijumska Optimizacija i Kompromisno Resenje*) [Opricovic, 1998], ELECTRE (fr. *ELimination Et Choix Traduisant la REalité*) [Roy i Bouyssou, 1993], czy PROMETHEE [Brans, 1982]. Ze względu na bogaty zbiór algorytmów, wybór odpowiedniej wielokryterialnej metody wspomagania decyzji jest trudny. Dokonując tego wyboru można kierować się różnymi kryteriami, takimi jak złożoność obliczeniowa, łatwość w implementacji, bądź też możliwość interpretacji ostatecznych wyników.

Zagadnienie, jakim jest ocena pozycji państw UE w świetle zjawiska komputeryzacji, wymaga zastosowania algorytmu przejrzystego dla decydentów, którzy np. kierując się otrzymanymi wynikami dokonają wyboru krajów wymagających szczególnego wsparcia. Metodą spełniającą to kryterium jest metoda PROMETHEE II, która jest szeroko stosowana przy badaniu różnych obszarów gospodarki, włączając w to ocenę giełd kryptowalut [Kądziółka, 2021], projektów europejskich [Górecka, 2012], atrakcyjności europejskiej morskiej przestrzeni turystycznej dla turystyki żeglarskiej [Butowski i Bornikowska, 2018], porównywanie produktów [Piwowarski i Ziemia, 2009], czy wybór sprzętu wojskowego na potrzeby systemu bezpieczeństwa militarnego państwa [Mitkow i Dębicka, 2015]. Należy ona do klasy metod opartych na relacji przewyższania, wśród których można wymienić grupę metod ELECTRE, PROMETHEE oraz EXPROM [Trzaskalik, 2014, s. 244 – 246]. Metoda

PROMETHEE II, wyróżnia się wśród pozostałych metod z tej grupy tym, że nie wymaga definiowania dodatkowych progów przewyższania czy też korzystania z wariantów idealnego i antyidealnego. Dzięki tej metodzie, można także uzyskać całkowity ranking rozpatrywanych wariantów, co nie jest możliwe w przypadku zastosowania metody PROMETHEE I, która gwarantuje jedynie ranking częściowy.

## 2.1. Algorytm metody PROMETHEE II

Niech  $A = \{a^1, a^2, \dots, a^m\}$  będzie skończonym zbiorem wariantów decyzyjnych oraz  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$  - zbiorem kryteriów, względem których oceniane są warianty.

Model preferencji w metodach klasy, do której należy PROMETHEE II, powstaje dzięki porównywaniu wariantów decyzyjnych parami, przy czym brane są pod uwagę różnice  $d_k(a^i, a^j)$  między ocenami  $f_k(a^i)$  i  $f_k(a^j)$  tych wariantów dla wszystkich rozpatrywanych kryteriów. Im większa jest różnica pomiędzy ocenami, tym silniej – ze względu na dane kryterium – preferowany jest jeden z wariantów. Analogicznie, jeżeli różnica jest niewielka, to decydent słabo preferuje jeden z wariantów, bądź też uznaje je za równoważne, stwierdzając, że występująca w ocenach różnica jest dla niego nieistotna.

Każdemu z kryteriów decyzyjnych przyporządkowywana jest zatem służąca do pomiaru siły preferencji funkcja preferencji  $G_k(a^i, a^j)$ , stanowiąca przekształcenie  $F_k$  różnicy  $d_k(a^i, a^j)$  między ocenami wariantów decyzyjnych i przyjmująca dla każdej pary  $(a^i, a^j)$  wartości z przedziału  $[0, 1]$ . Otrzymuje się wówczas siłę preferencji wariantu  $a^i$  nad wariantem  $a^j$  dla kryterium  $f_k$  w zależności od zaobserwowanej różnicy ich ocen [Trzaskalik, 2014, s. 110 - 111].

Na podstawie obliczonych wartości funkcji preferencji, dokonuje się wyznaczenia zagregowanego indeksu preferencji  $\pi$ , wyrażającego, w jakim stopniu wariant  $a^i$  jest preferowany w stosunku do wariantu  $a^j$  ze względu na wszystkie kryteria.

Następnym etapem procedury jest obliczenie przepływów przewyższania, które dzieli się na dodatnie  $\varphi^+$  i ujemne  $\varphi^-$ . Pierwszy z nich pokazuje siłę wariantu  $a^i$  nad pozostałymi (im wyższa jest wartość przepływu, tym wariant jest lepszy), zaś drugi oznacza stopień, w jakim wariant ten jest przewyższany przez wszystkie inne warianty (im niższa jest wartość tego wskaźnika, tym wariant jest lepszy).

W przeciwieństwie do metody PROMETHEE I, w algorytmie PROMETHEE II pojawia się jeszcze jeden etap opierający się na wyznaczeniu różnicy między dodatnim a ujemnym przepływem przewyższania. Otrzymany wynik stanowi przepływ przewyższania netto  $\varphi(a^i)$ , którego wartość większa od zera oznacza przewyższanie wariantu  $a^i$  nad innymi ze względu na cały zestaw rozpatrywanych kryteriów.

W przeciwnym przypadku, pozostałe warianty w większym stopniu przewyższają wybrany wariant niż on sam. [Trzaskalik, 2014, s. 114 – 116].

Przy budowaniu rankingu uwzględniane są dwie relacje między wariantami decyzyjnymi: relację preferencji  $P$  i relację równoważności  $I$ . W przypadku  $a^i P a^j$ , wyższy wskaźnik siły wariantu  $a^i$  jest związany z niższym wskaźnikiem słabości tego wariantu w porównaniu do  $a^j$ , co oznacza, że wariant  $a^i$  jest silniej preferowany od  $a^j$ . W przypadku  $a^i I a^j$ , warianty  $a^i$ ,  $a^j$  nie różnią się ani siłą, ani słabością, co oznacza, że oba przepływy przewyższania – dodatni i ujemny – są jednako.

Kolejne etapy algorytmu metody PROMETHEE II zostały zaprezentowane na rysunku 1.

<p><b>ETAP 1.</b> Określenie skończonego zbioru wariantów decyzyjnych: <math>A = \{a^1, a^2, \dots, a^m\}</math> oraz skończonego zbioru kryteriów decyzyjnych: <math>F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}</math></p>
<p><b>ETAP 2</b> Przyjęcie danych wag kryteriów oceny <math>w_k: \sum_{k=1}^n w_k = 1</math> dla <math>k = 1, 2, \dots, n</math></p>
<p><b>ETAP 3</b> Obliczenie różnic wartości kryteriów decyzyjnych dla każdej pary wariantów <math>d_k(a^i, a^j) = f_k(a^i) - f_k(a^j)</math> dla <math>i, j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n</math></p>
<p><b>ETAP 4</b> Wyznaczenie funkcji preferencji, przekształcającej otrzymane w Etapie 3 różnice <math>G_k(d_k) = \begin{cases} 0, &amp; \text{gdy } d_k \leq 0 \\ 1, &amp; \text{gdy } d_k &gt; 0 \end{cases}</math> dla <math>k = 1, 2, \dots, n</math></p>
<p><b>ETAP 5</b> Obliczenie zagregowanego indeksu preferencji dla każdej pary wariantów <math>(a^i, a^j)</math> <math>\pi(a^i, a^j) = \sum_{k=1}^n w_k G_k(d_k(a^i, a^j))</math> dla <math>i, j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n</math></p>
<p><b>ETAP 6</b> Obliczenie dodatniego <math>\varphi^+</math> i ujemnego <math>\varphi^-</math> przepływu przewyższania dla każdego wariantu <math>a^i</math> <math>\varphi^+(a^i) = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m \pi(a^i, a^j), \quad \varphi^-(a^i) = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m \pi(a^j, a^i)</math></p>
<p><b>ETAP 7</b> Obliczenie przepływu przewyższania netto dla każdego wariantu <math>a^i: \varphi(a^i) = \varphi^+(a^i) - \varphi^-(a^i)</math></p>
<p><b>ETAP 8</b> Tworzenie całkowitego rankingu rozpatrywanych wariantów decyzyjnych <math>a^i P a^j \leftrightarrow \varphi(a^i) &gt; \varphi(a^j); \quad a^i I a^j \leftrightarrow \varphi(a^i) = \varphi(a^j)</math> <math>-1 \leq \varphi(a^i) \leq 1, \quad \sum_{i=1}^m \varphi(a^i) = 0</math></p>

**Rys. 1.** Algorytm metody PROMETHEE II

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Trzaskalik, 2014, s. 110 – 117].

## 2.2. Grupowanie metodą odchyień standardowych

W metodzie odchyień standardowych klasyfikacja wariantów odbywa się w oparciu o badanie odchyień wartości zmiennej zagregowanej (w naszym przypadku wartości przepływów przewyższania netto  $\varphi(a^i)$  otrzymanych w etapie 7 algorytmu metody PROMETHEE II) od średniej wartości tej zmiennej [Panek, 2009, s. 114]. Każdy z wariantów przyporządkowywany jest do jednej z czterech grup w następujący sposób

- Grupa 1:  $\varphi(a^i) \in [\bar{\varphi} + S(\varphi); \max_i\{\varphi(a^i)\}]$ ,
- Grupa 2:  $\varphi(a^i) \in [\bar{\varphi}; \bar{\varphi} + S(\varphi))$ ,
- Grupa 3:  $\varphi(a^i) \in [\bar{\varphi} - S(\varphi); \bar{\varphi})$ ,
- Grupa 4:  $\varphi(a^i) \in [\min_i\{\varphi(a^i)\}; \bar{\varphi} - S(\varphi))$ .

gdzie  $\bar{\varphi}$  i  $S(\varphi)$  oznaczają, odpowiednio, średnią wartość otrzymanych przepływów przewyższania netto oraz odchylenie standardowe nieobciążone tych wartości.

Warianty, które znalazły się w Grupie 1 charakteryzują się wysokim poziomem badanego zjawiska, zaś te, które trafiły do Grup 2 i 3 cechują się, odpowiednio, średnio wysokim i średnio niskim poziomem tegoż zjawiska. Warianty przynależące do Grupy 4 natomiast reprezentują niski poziom badanego zjawiska.

## 3. Charakterystyka analizowanych danych

Aby osiągnąć postawiony w artykule cel, posłużono się danymi dostępnymi w bazie Europejskiego Urzędu Statystycznego (Eurostat) w 2019 roku [https://ec.europa.eu/eurostat, 2019], na podstawie których oceniono poziom rozwoju komputeryzacji w 27 krajach Unii Europejskiej. Do realizacji badania przyjęto siedem wskaźników z obszaru cyfrowej gospodarki i społeczeństwa (ang. *digital economy and society*) (Tab. 1), których wybór był umotywowany wytycznymi Komisji Europejskiej na rok 2030.

**Tab. 1.** Wskaźniki wykorzystane przy badaniu zjawiska komputeryzacji i rozwoju cyfrowego

Nazwa wskaźnika w języku angielskim	Nazwa wskaźnika w języku polskim	Przyjęte oznaczenie	Jednostka
Broadband internet coverage by speed (over 100 Mb/s)	Występowanie łącza szerokopasmowego pod względem prędkości (powyżej 100 Mb/s) [w gospodarstwach domowych]	$f_1$	% wszystkich gospodarstw domowych



Nazwa wskaźnika w języku angielskim	Nazwa wskaźnika w języku polskim	Przyjęte oznaczenie	Jednostka
Employed ICT specialists - total	Zatrudnienie w sektorze ICT ogółem	$f_2$	% wszystkich osób zatrudnionych
Individuals - use of cloud services	Użycie usług przechowywania danych w chmurze przez osoby fizyczne	$f_3$	% użycia usług przechowywania danych w chmurze
Financial activities over the internet	Czynności finansowe wykonywane przez Internet	$f_4$	% osób wykonywujących te czynności
E-government activities of individuals via websites	E-urzędowe czynności wykonane przez osoby fizyczne poprzez strony internetowe	$f_5$	% osób wykonywujących te czynności
Internet purchases by individuals	Zakupy internetowe osób fizycznych	$f_6$	% osób kupujących przez Internet
Individuals' level of digital skills	Poziom umiejętności cyfrowych osób fizycznych	$f_7$	% osób posiadających podstawowe umiejętności cyfrowe

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Eurostat, 2019].

Wszystkie przyjęte do badania wskaźniki zostały dobrane tak, by spełniały odpowiednie własności statystyczne takie jak: uniwersalność, porównywalność, słabe skorelowanie zmiennych ze sobą (odrzućenie tych, dla których współczynniki na głównej przekątnej macierzy odwrotnej są większe od 10) [Malina i Zeliaś, 1997] oraz odpowiednie zróżnicowanie (współczynnik zmienności większy od 10%) [Młodak i in., 2016]. Dobór zmiennych był również uzależniony od dostępności i kompletności danych.

Otrzymane charakterystyki opisowe zawiera tabela 2.

**Tab. 2.** Charakterystyki opisowe wskaźników (kryteriów)  $f_1 - f_7$ 

	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$
Średnia	73,663	4,133	35,519	17,587	48,577	46,213	23,886
Odchylenie standardowe	16,256	1,273	11,671	14,245	19,233	16,155	4,548
Współczynnik zmienności	22,067	30,807	32,860	81,000	39,592	34,958	19,042

Źródło: opracowanie własne.

Opierając się na wartościach współczynnika zmienności, wykorzystanego do weryfikacji statystycznej wybranych wskaźników, wyróżnić można wskaźnik czwarty, oznaczający korzystanie z czynności finansowych wykonywanych przez Internet. Bardzo wysoka wartość współczynnika zmienności tego wskaźnika świadczy o silnym zróżnicowaniu użycia tej formy bankowości w krajach członkowskich UE. Podobny wniosek można wyciągnąć również w odniesieniu do wskaźnika drugiego: odsetek zatrudnienia osób z wykształceniem w branży ICT, który cechował się bardzo niskim odchyleniem standardowym oraz średnią arytmetyczną w stosunku do innych wskaźników.

Ponadto, przyjęte wartości oceny wariantów zostały poddane normalizacji liniowej (Tab. 3) opartej na maksimum, zgodnie z poniższym wzorem:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i \{x_{ij}\}},$$

gdzie  $x_{ij}$  jest wartością  $i$ -tego wariantu ( $i$ -tego państwa UE) ze względu na  $j$ -te kryterium (wskaźnik), dla  $i = 1, 2, \dots, 27$ ,  $j = 1, 2, \dots, 7$ .

**Tab. 3.** Znormalizowane wartości wariantów (państw UE) ze względu na kryteria  $f_1-f_7$ 

Wariant ( $a^i$ )		Kryteria						
Oznaczenie	Państwo	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$
$a^1$	Belgia	0,965	0,714	0,616	0,238	0,505	0,739	0,734
$a^2$	Bułgaria	0,680	0,443	0,281	0,078	0,222	0,190	0,499
$a^3$	Czechy	0,750	0,571	0,375	0,313	0,576	0,576	1,000
$a^4$	Dania	0,943	0,729	0,995	0,501	1,000	1,000	0,591
$a^5$	Niemcy	0,818	0,571	0,494	0,419	0,644	0,961	0,863
$a^6$	Estonia	0,743	0,829	0,669	1,000	0,770	0,762	0,676
$a^7$	Irlandia	0,691	0,700	0,790	0,796	0,519	0,801	0,530
$a^8$	Grecja	0,416	0,286	0,396	0,106	0,552	0,439	0,749
$a^9$	Hiszpania	0,890	0,529	0,666	0,216	0,546	0,635	0,582
$a^{10}$	Francja	0,503	0,600	0,482	0,236	0,536	0,784	0,727

Wariant ( $a^i$ )		Kryteria						
Oznaczenie	Państwo	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$
$a^{11}$	Chorwacja	0,436	0,457	0,370	0,102	0,328	0,473	0,496
$a^{12}$	Włochy	0,610	0,500	0,416	0,168	0,213	0,381	0,537
$a^{13}$	Cypr	0,710	0,386	0,659	0,064	0,540	0,421	0,545
$a^{14}$	Łotwa	0,896	0,429	0,501	0,602	0,645	0,458	0,510
$a^{15}$	Litwa	0,612	0,443	0,524	0,393	0,551	0,513	0,657
$a^{16}$	Luksemburg	0,946	0,871	0,759	0,270	0,361	0,849	0,794
$a^{17}$	Węgry	0,790	0,486	0,511	0,223	0,560	0,474	0,642
$a^{18}$	Malta	1	0,657	0,642	0,275	0,475	0,671	0,484
$a^{19}$	Holandia	0,958	0,800	0,833	0,860	0,846	0,946	0,821
$a^{20}$	Austria	0,652	0,614	0,506	0,175	0,665	0,737	0,725
$a^{21}$	Polska	0,513	0,443	0,331	0,131	0,278	0,560	0,638
$a^{22}$	Portugalia	0,766	0,500	0,476	0,199	0,389	0,382	0,542
$a^{23}$	Rumunia	0,777	0,329	0,383	0,042	0,097	0,197	0,569
$a^{24}$	Słowenia	0,809	0,557	0,482	0,163	0,503	0,606	0,663
$a^{25}$	Słowacja	0,573	0,529	0,444	0,209	0,528	0,633	0,738
$a^{26}$	Finlandia	0,62	0,971	0,693	0,793	0,935	0,747	0,727
$a^{27}$	Szwecja	0,822	1,000	1,000	0,999	0,880	0,951	0,727

Źródło: opracowanie własne.

#### 4. Ocena pozycji krajów UE w rozwoju komputeryzacji i cyfryzacji

Przedstawiony w rozdziale 3 algorytm metody PROMETHEE II (rys. 1) został zastosowany do oceny pozycji 27 krajów UE ( $a^1, \dots, a^{27}$ ) w obszarze komputeryzacji i rozwoju cyfrowego opisanego przez siedem kryteriów ( $f_1, \dots, f_7$ ) (tab.1). Wszystkie rozpatrywane kryteria były kryteriami maksymalizującymi, czyli ich wzrost oznaczał wyższy poziom badanego zjawiska.

W badaniu przyjęto, że każde z kryteriów jest tak samo istotne, dlatego zastosowano równe wagi  $w_k = \frac{1}{7}$  ( $k = 1, 2, \dots, 7$ ).

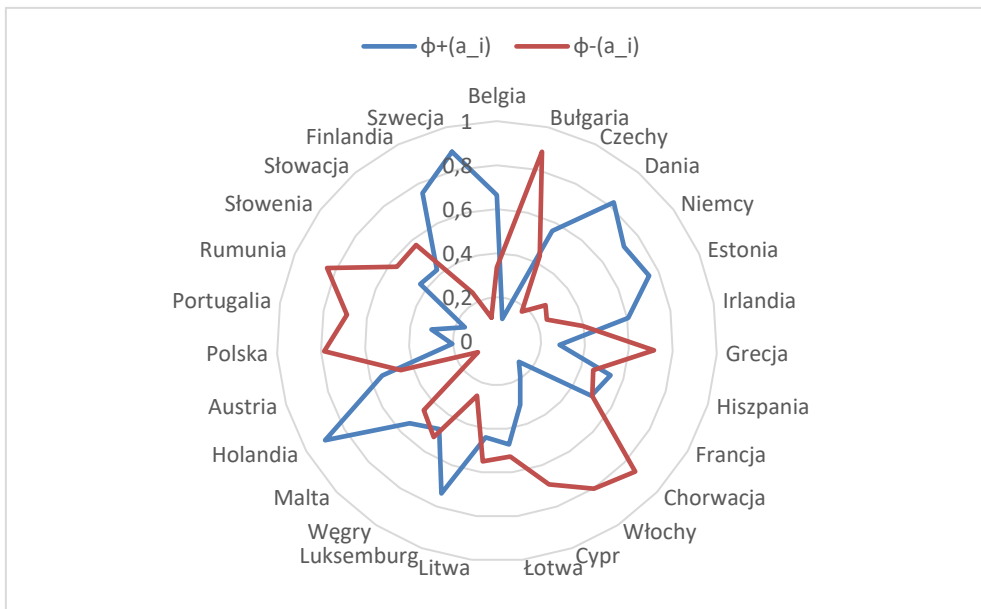
Zgodnie z etapem 3 procedury PROMETHEE II wyznaczono różnice między każdą z par państw UE ( $a^i, a^j$ ) dla  $i, j = 1, 2, \dots, 27$  ze względu na dane kryterium oceny  $f_k$  ( $k = 1, 2, \dots, 7$ ), otrzymując w ten sposób macierze o wymiarach  $27 \times 27$ , których wartości zostały następnie przekształcone przy użyciu ustalonej funkcji preferencji  $G_k$  (etap 4). W etapie 5, wartości funkcji preferencji wykorzystano do wyznaczenia dla każdej pary ( $a^i, a^j$ ) zagregowanego indeksu preferencji  $\pi(a^i, a^j)$ , który pozwolił na obliczenie dodatnich i ujemnych przepływów przewyższania

poszczególnych wariantów decyzyjnych (etap 6). Ich wartości zostały zaprezentowane w tabeli 4 oraz na rysunku 2.

**Tab. 4.** Dodatnie ( $\varphi^+$ ) i ujemne ( $\varphi^-$ ) przepływy przewyższania państw UE

Wariant ( $a^i$ )	Państwo	$\varphi^+(a^i)$	$\varphi^-(a^i)$
$a^1$	Belgia	0,665	0,335
$a^2$	Bułgaria	0,104	0,885
$a^3$	Czechy	0,560	0,434
$a^4$	Dania	0,824	0,176
$a^5$	Niemcy	0,720	0,275
$a^6$	Estonia	0,753	0,247
$a^7$	Irlandia	0,604	0,396
$a^8$	Grecja	0,286	0,714
$a^9$	Hiszpania	0,538	0,456
$a^{10}$	Francja	0,495	0,500
$a^{11}$	Chorwacja	0,137	0,863
$a^{12}$	Włochy	0,192	0,802
$a^{13}$	Cypr	0,308	0,692
$a^{14}$	Łotwa	0,473	0,527
$a^{15}$	Litwa	0,440	0,549
$a^{16}$	Luksemburg	0,736	0,264
$a^{17}$	Węgry	0,478	0,522
$a^{18}$	Malta	0,544	0,456
$a^{19}$	Holandia	0,901	0,099
$a^{20}$	Austria	0,544	0,456
$a^{21}$	Polska	0,203	0,786
$a^{22}$	Portugalia	0,302	0,692
$a^{23}$	Rumunia	0,159	0,841
$a^{24}$	Słowenia	0,434	0,566
$a^{25}$	Słowacja	0,423	0,571
$a^{26}$	Finlandia	0,753	0,247
$a^{27}$	Szwecja	0,885	0,110

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 2. Wartości dodatnich i ujemnych przepływów przewyższania państw UE w 2019 roku

Źródło: opracowanie własne.

W etapie 7 obliczono przepływ przewyższania netto  $\varphi(a^i)$  dla każdego z wariantów decyzyjnych, co pozwoliło na wyznaczenie rankingu krajów UE zgodnie z formułami określonymi w etapie 8 procedury PROMETHEE II (Tab. 5).

Tab. 5. Wartości przepływów przewyższania netto oraz ranking państw UE w obszarze komputeryzacji i cyfryzacji w roku 2019 wyznaczony metodą PROMETHEE II

Wariant ( $a^i$ )	Państwo	$\varphi(a^i)$	Ranking
$a^{19}$	Holandia	0,802	1
$a^{27}$	Szwecja	0,775	2
$a^4$	Dania	0,648	3
$a^6$	Estonia	0,505	4
$a^{26}$	Finlandia	0,505	4
$a^{16}$	Luksemburg	0,473	5
$a^5$	Niemcy	0,445	6
$a^1$	Belgia	0,330	7
$a^7$	Irlandia	0,209	8
$a^3$	Czechy	0,126	9
$a^{20}$	Austria	0,088	10

Wariant ( $a^i$ )	Państwo	$\varphi(a^i)$	Ranking
$a^{18}$	Malta	0,088	10
$a^9$	Hiszpania	0,082	11
$a^{10}$	Francja	-0,005	12
$a^{17}$	Węgry	-0,044	13
$a^{14}$	Łotwa	-0,055	14
$a^{15}$	Litwa	-0,110	15
$a^{24}$	Słowenia	-0,132	16
$a^{25}$	Słowacja	-0,148	17
$a^{13}$	Cypr	-0,385	18
$a^{22}$	Portugalia	-0,390	19
$a^8$	Grecja	-0,429	20
$a^{21}$	Polska	-0,582	21
$a^{12}$	Włochy	-0,610	22
$a^{23}$	Rumunia	-0,681	23
$a^{11}$	Chorwacja	-0,725	24
$a^2$	Bułgaria	-0,780	25

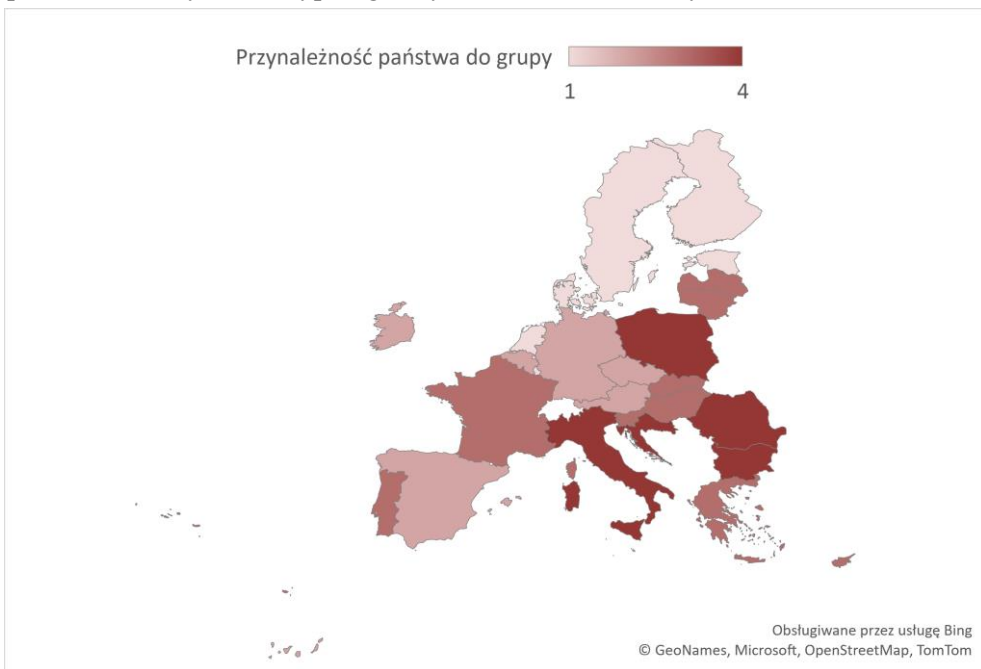
Źródło: opracowanie własne.

Warto zauważyć, że poziomy dodatnich i ujemnych przepływów przewyższania determinowały otrzymane wartości przepływów przewyższania netto. Zamieszczony wykres radarowy (Rys. 2) zilustrował się poszczególnych wariantów, wśród których państwa o niższych pozycjach posiadały bardzo wysokie wartości ujemnych przepływów, a więc były silnie przewyższane przez kraje znajdujące się na początku rankingu. W związku z tym sklasyfikowano je jako warianty o najniższym poziomie badanego zjawiska.

Z tabeli 5 wynika, że otrzymane dla roku 2019 wartości przepływów przewyższania netto, uwzględniające kryteria  $f_1 - f_7$ , mieszczą się w przedziale  $[-0,780; 0,802]$  i świadczą o dysproporcjach w poziomie rozwoju komputeryzacji i cyfryzacji państw UE. Warto również odnotować, że różnica między krajem o najwyższej wartości przepływu przewyższania netto a krajem o najniższej wartości wynosiła 1,582. W roku 2019 najwyższe miejsce w rankingu państw pod kątem zjawiska komputeryzacji oraz rozwoju cyfrowego zajęła Holandia. Ponadto, wysokie lokaty osiągnęły dwa kraje skandynawskie, tj. Szwecja i Finlandia (druga i czwarta pozycja), jak również Dania i Estonia z trzecią i czwartą pozycją w rankingu. Z kolei najniżej w rankingu znalazły się kraje z bloku wschodniego Bułgaria, Chorwacja i Rumunia oraz Włochy z 22 pozycją w rankingu. Wśród pięciu państw z najniższą wartością przewyższania netto znalazła się też Polska (-0,582). W dwóch przypadkach, dla Estonii i Finlandii oraz Austrii i Malty, przepływy przewyższania netto osiągnęły dokładnie te same wartości lokując te państwa na

pozycjach ex aequo w rankingu (czwarta i dziesiąta lokata, odpowiednio). Wysoka czwarta pozycja Estonii i Finlandii może być odzwierciedleniem prężnej współpracy między tymi dwoma państwami, jak również powszechnością komputeryzacji i łączności internetowej w krajach nadbałtyckich [https://bankier.pl, 2005; Spendel, 2016, s. 76-77].

Dodatkowo, metodą odchyłeń standardowych dla wartości przepływów przewyższania netto dokonano podziału państw UE na cztery klasy. Przynależność państw do różnych klas typologicznych zobrazowano na rysunku 3.



**Oznaczenia:**

1 - bardzo wysoki poziom zjawiska, 2 – średnio wysoki poziom zjawiska, 3 – średnio niski poziom zjawiska, 4 – bardzo niski poziom zjawiska

**Rys. 3.** Grupowanie państw UE metodą odchyłeń standardowych ze względu na poziom komputeryzacji i cyfryzacji w roku 2019

Źródło: opracowanie własne.

Grupę o najwyższym poziomie w obszarze komputeryzacji i rozwoju cyfrowego w roku 2019 tworzyły Holandia, Szwecja, Dania, Estonia, Finlandia oraz Luksemburg. W grupie drugiej o średnio-wyższym poziomie znalazły się Niemcy,

Belgia, Irlandia, Czechy, Austria, Malta i Hiszpania. Do grupy trzeciej o średnio-niższym poziomie komputeryzacji i cyfryzacji należały państwa: Francja, Węgry, Łotwa, Litwa, Słowenia, Słowacja, Cypr, Portugalia i Grecja. Ostatnią grupę o najniższym poziomie tworzyły kraje: Polska, Włochy, Rumunia, Chorwacja oraz Bułgaria. Można zauważyć, że wśród krajów członkowskich UE utworzone grupy są związane z położeniem geograficznym tych państw oraz historią przynależności do wspólnoty, bądź nieistniejących już organizacji powstałych w XX wieku, np. Rady Wzajemnej Pomocy Gospodarczej (RWPG). Ma to znaczenie w kontekście dofinansowań budżetów tych krajów, które pozostają wciąż najslabiej rozwiniętymi w obszarze komputeryzacji i cyfryzacji, mimo bycia jednymi z największych beneficjentów na terenie UE, np. Polska, Rumunia, Chorwacja.

Dla otrzymanych w wyniku klasyfikacji czterech grup wyznaczono średnie wartości każdego kryterium ( $f_1 - f_7$ ) oraz wartości testu Kruskala-Wallisa (K-W), które zestawiono w tabeli 6. Uzyskane wyniki wskazują na statystycznie istotne różnice między uzyskanymi grupami w przypadku sześciu kryteriów ( $f_1 - f_6$ ).

**Tab. 6.** Średnie wartości wskaźników w grupach oraz wartości testu Kruskala-Wallisa

Kryterium \ Grupa	1	2	3	4	K-W
$f_1$	83,867	82,371	67,500	60,320	8,575*
$f_2$	6,067	4,357	3,278	3,040	20,495*
$f_3$	51,712	36,627	31,178	22,348	19,019*
$f_4$	36,565	17,234	12,106	5,172	16,617*
$f_5$	71,435	50,227	47,727	20,368	15,560*
$f_6$	64,717	54,040	38,671	26,630	18,335*
$f_7$	26,238	25,501	23,286	19,882	7,235

\* $p < 0,05$

Źródło: opracowanie własne.

Ponadto dla kompletności w tabeli 7 przedstawiono wartości statystyki  $p$  dla testu Manna-Whitneya. Otrzymane wyniki pokazują, że na różnice między grupami G1 a G2 mają wpływ wszystkie kryteria poza  $f_1$  i  $f_7$ . W przypadku grup G2 i G3 statystycznie istotne różnice otrzymano dla kryteriów  $f_2$  i  $f_6$ , zaś dla grup G3 i G4 – dla kryteriów  $f_3$ ,  $f_4$ ,  $f_5$  i  $f_7$ .



Tab. 7. Wartości statystyki p dla testu u Manna-Whitneya

Kryterium \ Grupa	G1 vs. G2	G1 vs. G3	G1 vs. G4	G2 vs. G3	G2 vs. G4	G3 vs. G4
$f_1$	0,999	0,052	0,036	0,112	0,035	0,424
$f_2$	0,003	0,002	0,008	0,005	0,006	0,548
$f_3$	0,012	0,002	0,008	0,169	0,015	0,005
$f_4$	0,038	0,006	0,008	0,138	0,006	0,045
$f_5$	0,054	0,039	0,008	0,751	0,006	0,003
$f_6$	0,054	0,004	0,008	0,011	0,006	0,110
$f_7$	0,721	0,125	0,018	0,751	0,194	0,045

Źródło: opracowanie własne.

## Podsumowanie

W ramach pracy przedstawiono wyniki uzyskane metodą PROMETHEE II, które pozwoliły na ocenę pozycji państw Unii Europejskiej pod względem zjawiska komputeryzacji i rozwoju cyfrowego. Ponadto na podstawie kryterium statystycznego, wykorzystującego średnią arytmetyczną i odchylenie standardowe z wartości przepływów przewyższania netto dokonano podziału krajów UE na cztery klasy o podobnym poziomie rozwoju badanego zjawiska. Otrzymane rezultaty dowiodły występowania wyraźnych dysproporcji w zakresie czynników definiujących zjawisko komputeryzacji i cyfryzacji według dyrektyw Komisji Europejskiej i wskazały na potrzebę monitorowania procesu transformacji cyfrowej na terenie UE w przeciągu najbliższych lat.

Przeprowadzone badanie należy potraktować jako jedną z propozycji w odniesieniu do bogatej literatury przedmiotu związanej z porządkowaniem wariantów decyzyjnych. Wyniki przeprowadzonych badań mogą stanowić podstawę do dalszej analizy badanego zjawiska, a także mu podobnych występujących wśród państw członkowskich Unii Europejskiej.

## ORCID iD

Marzena Filipowicz-Chomko: <https://orcid.org/0000-0003-3041-4063>

## Literatura

1. Andújar Trabazos P., Del Mar Gómez Villegas M., Szydło J., Gulc A. (2021), *COVID-19 and the impact on the economy and society in Spain*, Akademia Zarządzania vol 5(2), s.1-15.
2. BANK, <https://bank.pl/ponad-70-procent-europejczykow-kupowalo-w-internecie-w-2020-roku/?id=360149&catid=22872>, [19.02.2021].
3. Bankier, <https://www.bankier.pl/wiadomosc/Dlaczego-Estonia-bogaci-sie-szybciej-niz-Polska-1353326.html> [19.10.2005].
4. Brans J.P., Mareschal B., Vincke Ph. (1984), *PROMETHEE: A new Family of Outranking Methods in Multicriteria Analysis*, Amsterdam.
5. Brans J.P., (1982), *L'ingénierie de la décision: l'élaboration d'instruments d'aide a la decision*, Québec, Université Laval.
6. Butowski L., Bornikowska A., (2018), *Zintegrowane metody AHP i PROMETHEE jako narzędzie oceny atrakcyjności europejskiej przestrzeni turystycznej dla turystyki żeglarskiej*, [https://wgsr.uw.edu.pl/wgsr/wp-content/uploads/2018/11/08\\_Butowski\\_L\\_22.11.2018.pdf](https://wgsr.uw.edu.pl/wgsr/wp-content/uploads/2018/11/08_Butowski_L_22.11.2018.pdf)
7. Churchman, C. W., Ackoff, R. L., & Smith, N. M., (1954), *An Approximate Measure of Value*, *Journal of the Operations Research Society of America*, 2(2). <http://www.jstor.org/stable/166603>
8. CORDIS, <https://cordis.europa.eu/article/id/27593-european-households-becoming-increasingly-digital-finds-survey/pl> [30.04.2007].
9. DW, <https://www.dw.com/pl/ue-op%C3%B3%C5%BAniona-we-wdra%C5%BCaniu-sieci-5g/a-60542288>, [24.01.2022].
10. EUR-Lex, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0118> [09.03.2021].
11. Eurostat, *Digital economy and society* <https://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/database> [2019].
12. Eurostat, *Individuals' level of digital skills (from 2021 onwards)*, [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC\\_SK\\_DSKL\\_I21/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_SK_DSKL_I21/default/table?lang=en) [07.03.2023].
13. Gajewski J., Paprocki W., Pieriegud J., (2016), *Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa – szanse i wyzwania dla sektorów infrastrukturalnych*, Gdańsk, Gdańska Akademia Bankowa. [https://depot.ceon.pl/bitstream/handle/123456789/11162/Pieriegud\\_Cyfryzacja\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://depot.ceon.pl/bitstream/handle/123456789/11162/Pieriegud_Cyfryzacja_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
14. Górecka D., (2012), *Wielokryterialne wspomaganie wyboru projektów europejskich*, Toruń, Wydawnictwo Dom Organizatora.

15. Hwang, C.L. and Yoon, K., (1981), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, New York, Springer-Verlag. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
16. Kądziołka K., (2021), *Metoda PROMETHEE II w wielokryterialnej ocenie giełd kryptowalut*, Dąbrowa Górnicza, Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej. [https://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-421ca9e5-c869-4e37-a8b4-f3a61f2732c7/c/METODA\\_PROMETHEE\\_II\\_W.pdf](https://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-421ca9e5-c869-4e37-a8b4-f3a61f2732c7/c/METODA_PROMETHEE_II_W.pdf).
17. Kleszcz A., Nowak E., (2020), *Konkurencyjność krajów Unii Europejskiej ze względu na poziom cyfryzacji*, Wiadomości Statystyczne, 65(5). [http://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.ojs-doi-10\\_5604\\_01\\_3001\\_0014\\_1331/c/14-033e9f9b-73f4-4931-be1b-9f2a6e3fa68d.pdf.pdf](http://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.ojs-doi-10_5604_01_3001_0014_1331/c/14-033e9f9b-73f4-4931-be1b-9f2a6e3fa68d.pdf.pdf)
18. Madej-Kurzawa I., (2020), *Bankowość elektroniczna w Polsce i Unii Europejskiej*. <http://www.konferencja-eureka.pl/assets/docs/nauki-humanistyczne-i-spoeczne-2020-cz-2.pdf>
19. Malina A., Zeliaś A., (1997), *O budowie taksonomicznej miary jakości życia*, Taksonomia.
20. Mitkow S., Dębicka E., (2015), *Wykorzystanie metody PROMETHEE II w procesie oceny i wyboru sprzętu wojskowego na potrzeby systemu bezpieczeństwa militarnego państwa*. <http://slw.wat.edu.pl/pdf-129100-56136?filename=POSSIBILITY%20OF%20USING.pdf>
21. Młodak A., Józefowski T., Wawrowski Ł., (2016), *Zastosowanie metod taksonomicznych w estymacji wskaźników ubóstwa*, Wiadomości Statystyczne nr 2/2016. <https://bibliotekanauki.pl/articles/543333.pdf>
22. Opricovic S., (1998), *Multicriteria optimization of civil engineering systems*, Belgrade, Faculty of Civil Engineering.
23. Panek T., (2009), *Statystyczne metody wielowymiarowej analizy porównawczej*, Warszawa, SGH.
24. Piwowarski M., Ziemia P., (2009), *Metoda Promethee II w wielokryterialnej ocenie produktów*, Bydgoszcz, Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management.
25. Roy B., Bouyssou D., (1993), *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas*, Paris, Economica.
26. Saaty T. L., (1980), *The analytic hierarchy process*, New York, McGraw-Hill.
27. Sadiku M. N. O., Chukwu U. C., Ajayi-Majebi A., Musa S. M., (2022), *Digital Society: An Overview*, <https://www.ijtsrd.com/papers/ijtsrd51871.pdf>
28. Spindel M., (2016) *Europejski tygrys gospodarczy – Estonia jako wzorzec postkomunistycznej transformacji*. [http://www.old.pafere.org/userfiles/file/magister\\_2016/prace%202016/Magdalena\\_Spindel%20-%20praca%20magisterska.PDF](http://www.old.pafere.org/userfiles/file/magister_2016/prace%202016/Magdalena_Spindel%20-%20praca%20magisterska.PDF)

29. Trzaskalik T., (2014), *Wielokryterialne wspomaganie decyzji. Przegląd metod i zastosowań*, Katowice, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach.
30. Trzaskalik T., (2014), *Wielokryterialne wspomaganie decyzji. Metody i zastosowania*, Warszawa, PWE.

## **PROMETHEE II method in assessing the phenomenon of computerization and digital development of the European Union in 2019**

### **Abstract**

The purpose of the study is to assess the position of the European Union countries in terms of computerization and digitization in 2019 obtained using the PROMETHEE II method, and to distinguish groups of member countries by the level of the phenomenon studied. The analysis carried out was motivated by the guidelines published by the European Commission within the framework of the communication "2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade" which covers the subject of the indicators selected for the study. Based on these, twenty-seven EU countries in their current form were evaluated and ranked by using the PROMETHEE II method. The method of standard deviations was used to identify groups of countries similar in terms of the value of net flows. The results obtained show disproportions between the latest admitted countries and those in the north of Europe. The use of the multi-criteria method is an effective choice for assessing the course of the digital transformation process among member states. The chosen method provides a convenient and easily interpretable tool for studying various areas of the economy.

### **Key words**

PROMETHEE II, multi-criteria analysis, computerization, digital society, Eurostat