

*mgr Patrycja Wieczorek*¹ 

Instytut Ekonomii i Finansów
Uniwersytet Rzeszowski

*dr hab. Eliza Frejtag-Mika, prof. UR*² 

Instytut Ekonomii i Finansów
Uniwersytet Rzeszowski

Normalizacja zmiennych a porządkowanie krajów Unii Europejskiej pod względem stopnia wykorzystania technologii ICT w przedsiębiorstwach

WPROWADZENIE

Technologie informacyjno-komunikacyjne stanowią nieodłączny element procesu powstawania społeczeństwa informacyjnego. ICT (*ang. Information and Communication Technologies*) obejmują narzędzia związane nie tylko ze zbieraniem i przechowywaniem informacji, ale służące także ich przetwarzaniu, przesyłaniu oraz prezentacji (Tomaszewska, 2013, s. 24). Dzięki technologiom wytworzonym przez sektor ICT możliwa stała się informatyzacja państwa, społeczeństwa i biznesu. Rozwój komunikacji elektronicznej przełożył się także na nowe możliwości współpracy z zagranicznymi partnerami. Brak konieczności przemieszczania się w interesach rozwiązuje wiele problemów, m.in. logistycznych czy wynikających z różnic kulturowych (Olszewska, 2011, s. 88).

Dokonując analizy zjawisk złożonych, takich jak stopień wykorzystania technologii ICT w przedsiębiorstwach, konieczne jest rozważenie wielu zmiennych diagnostycznych. Warto wówczas zastosować metody wielowymiarowej analizy porównawczej umożliwiające zbudowanie miary syntetycznej, która zastępuje liczny zbiór cech badanego obiektu jedną zmienną zagregowaną. Takie podej-

¹ Adres korespondencyjny: Uniwersytet Rzeszowski, Instytut Ekonomii i Finansów, ul. Ćwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów; e-mail: patrycja1wieczorek@gmail.com. ORCID: 0000-0002-0855-8303.

² Adres korespondencyjny: Uniwersytet Rzeszowski, Instytut Ekonomii i Finansów, ul. Ćwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów; e-mail: efrejtagmika@interia.pl. ORCID: 0000-0003-4871-8399.

ście pozwala na ocenę obiektu za pomocą jednej wielkości oraz daje możliwość uporządkowania analizowanych obiektów ze względu na rozpatrywane zjawisko (Krakowiak-Bal, 2005, s. 71).

Wykorzystując metody porządkowania liniowego, na każdym etapie badania należy podejmować decyzje związane z wyborem poszczególnych procedur postępowania. Z tego względu wyniki analizy porównawczej zależą od wyboru zestawu metod i narzędzi badawczych. Ponadto, jeśli badania są przeprowadzane cyklicznie, nie należy dokonywać zmian w przyjętych i stosowanych procedurach badawczych, ponieważ może to skutkować uzyskaniem nierzetelnych i nieporównywalnych wyników przeprowadzanych analiz. Na przykład zmiana sposobu normalizacji zmiennych może spowodować modyfikacje w zajmowanych pozycjach w rankingu przez dane obiekty, które niekoniecznie spowodowane są wzrostem lub spadkiem ich definiowanej poprzez kryteria oceny „jakości” (Jarocka, 2015, s. 114–115).

Celem artykułu jest ocena wpływu sposobu normalizacji zmiennych na wynik porządkowania liniowego krajów Unii Europejskiej pod względem stopnia wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych w przedsiębiorstwach. Dane pozyskano z bazy Eurostat, a badania dotyczą roku 2018. Spośród wielu metod wielowymiarowej analizy porównawczej w badaniu wykorzystano bezwzorcową metodę porządkowania liniowego stanowiącą średnią arytmetyczną znormalizowanych cech. Wybór tej metody wynikał z faktu, że metody bezwzorcowe pozwalają najlepiej odzwierciedlić wpływ normalizacji zmiennych na ranking obiektów. Analiza została przeprowadzona na przykładzie stopnia wykorzystania ICT w przedsiębiorstwach, ponieważ technologie informacyjno-komunikacyjne odgrywają coraz większą rolę w funkcjonowaniu gospodarki opartej na wiedzy, jak i w życiu każdego człowieka. W społeczeństwie informacyjnym XXI wieku już nikt nie kwestionuje technologii sieciowych, jako jednego z filarów konstruowania strategii mającej na celu wzrost efektywności i przewagi konkurencyjnej na rynku.

PRZEGLĄD BADAŃ DOTYCZĄCYCH POMIARU STOPNIA WYKORZYSTANIA TECHNOLOGII ICT W PRZEDSIĘBIORSTWACH

W literaturze przedmiotu można znaleźć przykłady publikacji podejmujących wątek wpływu normalizacji zmiennych na porządkowanie liniowe obiektów. Przykładowo A. Binderman zbadała wpływ sposobu normalizacji zmiennych na ocenę regionalnego zróżnicowania rolnictwa. Na podstawie syntetycznych mierników dokonała uporządkowania i klasyfikacji poszczególnych województw. Wyniki badań autorki dotyczące polskiego rolnictwa wykazują, że klasyfikacje i grupowania województw zależą w istotny sposób od metody normowania zmiennych (Binderman, 2010, s. 25).

Z kolei J. Malchar i M. Zielińska-Sitkiewicz zbadali, czy wybór metody klasyfikacji oraz procedury normalizacji zmiennych ma wpływ na utworzone ran-

kingi województw charakteryzujące poziom rozwoju społeczno-gospodarczego. W badaniu wykorzystali syntetyczny miernik rozwoju oraz wskaźnik względnego poziomu rozwoju. Do normalizacji zmiennych zastosowali formuły standaryzacji klasycznej, standaryzacji Webera oraz unitaryzacji. Wyniki badań potwierdziły, że korzystanie z różnych metod normalizacji cech diagnostycznych może skutkować otrzymaniem alternatywnej klasyfikacji województw, która nie wynika ze zmiany struktury danych (Malchar, Zielińska-Sitkiewicz, 2017, s. 644, 650).

Natomiast M. Jarocka w celu analizy wpływu zmiany procedury normalizacyjnej na wynik analizy porównawczej przeprowadziła eksperyment badawczy, w którym zbadała wrażliwość rankingu 88 polskich uczelni akademickich „Perspektyw” i „Rzeczpospolitej” na zmiany formuły normowania. Badanie polegało na utworzeniu i porównaniu ośmiu rankingów szkół wyższych, których realizację 33 cech kryterialnych poddano innej procedurze normalizacji. W badaniu zastosowała przekształcenie ilorazowe wykorzystane w konstrukcji rankingu „Perspektyw” i „Rzeczpospolitej”, standaryzację, unitaryzację, unitaryzację zerowaną oraz cztery przekształcenia ilorazowe (z podstawą normalizacji równą: średniej, odchyleniu standardowemu, sumie, rozstępowi zmiennej diagnostycznej). Otrzymane wyniki ukazały, że zmiana formuły normowania charakterystyk porównywanych obiektów może powodować modyfikację rezultatów badań, która nie wynika ze zmiany struktury danych (Jarocka, 2015, s. 113, 115).

Ciekawą analizę dotyczącą wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych w przedsiębiorstwach w układzie regionalnym przeprowadził P. Kaczmarzyk. W części empirycznej autor wykorzystał metodę Hellwiga oraz dwie metody bezwzorcowe stanowiące średnią arytmetyczną znormalizowanych cech. Celem normalizacji zmiennych zastosował unitaryzację zerowaną, przekształcenie ilorazowe z podstawą normalizacji równą wartości maksymalnej zmiennej diagnostycznej. Kaczmarzyk wykorzystanie technologii telekomunikacyjnych określa m.in. jako odsetek przedsiębiorstw, w których: pracownicy wykorzystują komputery, pracownicy korzystają z komputerów z dostępem do Internetu, wykorzystywane jest przynajmniej jedno z mediów społecznościowych, stosowane są sieci komputerowe do składania lub otrzymywania zamówień. Wszystkie sformułowane w badaniu rankingi świadczą o dominującej pozycji województwa mazowieckiego pod względem stopnia wykorzystania ICT przez przedsiębiorstwa w 2015 r. Drugie i trzecie miejsca (we wszystkich stworzonych rankingach) zajmują odpowiednio województwo: małopolskie i dolnośląskie (Kaczmarzyk, 2017, s. 50, 54, 65).

Ocenę stopnia wykorzystania technologii informatycznych w przedsiębiorstwach według województw dokonała A. Mesjasz-Lech. Analizę przeprowadziła przy wykorzystaniu metody wzorca oraz wskaźnika Herfindahla-Hirschmana. W badaniu uwzględniła zmienne ujęte w następujące grupy: pracujący korzystający z komputerów i Internetu, wyposażenie w technologie ICT, wyposażenie w systemy informatyczne, posiadanie własnych stron WWW, elektroniczna wy-

miana informacji dotycząca zarządzania łańcuchem dostaw, automatyczna wymiana danych, korzyści ze stosowania technologii teleinformatycznych. Wyodrębnione zmienne dotyczą dwóch okresów: stycznia 2007 roku oraz stycznia 2008 roku. Wyniki zarówno analizy porównawczej, jak i koncentracji wskazują, że najlepiej rozwiniętymi pod względem dostępności i poziomu wykorzystania technologii informatycznych są województwa: mazowieckie i śląskie. Natomiast najniżej w rankingu znalazło się województwo warmińsko-mazurskie. Duże różnice w wartościach rozwoju wskazują na nierównomierny rozwój województw ze względu na poziom wykorzystania technologii informatycznych w przedsiębiorstwach (Mesjasz-Lech, 2009, s. 123, 127).

Natomiast O. Kiercz w swoim artykule przedstawił ogólny poziom wykorzystania ICT przez polskie przedsiębiorstwa w zestawieniu z firmami Unii Europejskiej oraz zaprezentował analizę poziomu wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych przez polskie przedsiębiorstwa w strukturach regionalnych. Do oceny poziomu wykorzystania ICT przez polskie przedsiębiorstwa zastosował odmianę wielowymiarowej analizy porównawczej – metodę modelową Hellwiga. W badaniu uwzględnił wskaźniki opisujące przedsiębiorstwa: wyposażone w komputery, posiadające dostęp do Internetu, posiadające ekstranet, własną stronę internetową, mające formalnie zdefiniowaną politykę bezpieczeństwa ICT, wykorzystujące system ERP, używające oprogramowania CRM (do gromadzenia informacji na temat klientów do celów marketingowych), dokonujące zakupów online, wykorzystujące *e-government*, odsetek pracujących wykorzystujących komputery, przedsiębiorstwa sprzedające online oraz wskaźnik określający obrót handlowy z e-commerce. Na podstawie przeprowadzonego badania autor stwierdził, że polskie firmy, a zwłaszcza MŚP, znacznie odbiegają pod względem wykorzystania technologii ICT od przedsiębiorstw krajów Unii Europejskiej. Sytuację tę pogłębia fakt, że zjawisko to wskazuje na duże zróżnicowanie w strukturach regionalnych (Kiercz, 2013, s. 44, 45, 56).

Interesujące wnioski można odnaleźć także w artykule *ANP-based analysis of ICT usage in Central Europeans enterprises*. Autorzy w swoim badaniu zastosowali metodę ANP oraz metodę k-średnich. W celach analitycznych wykorzystali wskaźniki opisujące przedsiębiorstwa: posiadające dostęp do Internetu, własną stronę internetową, wykorzystujące blogi oraz mikroblogi, przedsiębiorstwa sprzedające online, posiadające trudności w sprzedaży internetowej do innych krajów UE (wysokie koszty dostarczania lub zwroty produktów), przedsiębiorstwa dokonujące zakupów w chmurze, przesyłające faktury elektroniczne do automatycznego przetwarzania, wykorzystujące system ERP oraz wskaźnik określający obrót handlowy z e-commerce. Wyniki badań wskazały, że w 2017 roku, w Centralnej Europie, Słowacja oraz Austria cechowały się największym stopniem wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnymi. Natomiast najniższe pozycje zajmowały Polska oraz Węgry (Becker, Sulikowski, Zdziebko, 2018, s. 2174–2177).

PROCEDURY NORMALIZACJI ZMIENNYCH

Podstawowym zagadnieniem wielowymiarowej analizy porównawczej jest normalizacja zmiennych wyjściowych. Zadaniem normalizacji jest przekształcenie wartości zmiennych wyrażonych w różnych jednostkach celem doprowadzenia ich do wzajemnej porównywalności (Malina, 2004, s. 32). W wielowymiarowych analizach statystycznych wybór formuły normalizacyjnej determinowany jest skalą pomiaru zmiennych oraz charakterystykami ich rozkładu takimi, jak: średnia arytmetyczna, odchylenie standardowe oraz rozstęp wyznaczony dla znormalizowanych zmiennych (Jarocka, 2015, s. 114). W literaturze przedmiotu można wyróżnić cztery podstawowe skale pomiaru: nominalną, porządkową (rangową), przedziałową i ilorazową. Normalizacja jest przeprowadzana, gdy zmienne opisujące obiekty badania mierzone są na skali przedziałowej lub ilorazowej. W odniesieniu do słabych skali pomiaru (nominalna, porządkowa) nie zachodzi potrzeba normalizacji, na ich wartościach bowiem nie wyznacza się ani relacji równości różnic i przedziałów, ani stosunków (Walesiak, 2014, s. 363).

W tabeli 1 zaprezentowano najczęściej stosowane formuły normalizacyjne oraz skale pomiaru zmiennych.

Tabela 1. Formuły normalizacyjne oraz skale pomiaru zmiennych

Nazwa formuły	Formuła	Skale pomiaru zmiennych		Numer
		Przed normalizacją	Po normalizacji	
Standaryzacja	$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}$	ilorazowa i (lub) przedziałowa	przedziałowa	(1)
Standaryzacja pozycyjna z medianą Weбера	$z_{ij} = \frac{x_{ij} - M_j}{1,4826 \cdot MAD_j}$	ilorazowa i (lub) przedziałowa	przedziałowa	(2)
Unitaryzacja	$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{r_j}$	ilorazowa i (lub) przedziałowa	przedziałowa	(3)
Unitaryzacja zerowana	$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{r_j}$	ilorazowa i (lub) przedziałowa	przedziałowa	(4)
Przekształcenie ilorazowe	$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}}$	ilorazowa	ilorazowa	(5)
	$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{ij}}$	ilorazowa	ilorazowa	(6)
	$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{r_j}$	ilorazowa	ilorazowa	(7)

Oznaczenia symboli we wzorach (1–7) są następujące: $\bar{x}_j$ – średnia arytmetyczna dla j -tej zmiennej, s_j – odchylenie standardowe dla j -tej zmiennej, r_j – rozstęp dla j -tej zmiennej, M_j – mediana dla j -tej zmiennej, MAD_j – medianowe odchylenie bezwzględne.

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Walesiak, 2014, s. 354–365).

Ujednolicenie rzędów wielkości zmiennych jest możliwe tylko w razie jednolitego określenia wartości zerowej dla wszystkich cech diagnostycznych. Standaryzacja klasyczna, standaryzacja Webera, unitaryzacja, określają umowną wartość zerową na poziomie średniej wartości zmiennej a unitaryzacja zerowana na poziomie wartości minimalnej. Zastosowanie tych formuł normalizacyjnych do zmiennych mierzonych na skali ilorazowej, aczkolwiek poprawne formalnie, spowoduje stratę informacji wskutek „przejścia” wszystkich zmiennych na skalę przedziałową. Strata informacji przejawia się m.in. ograniczeniem zastosowania różnych technik statystycznych i ekonometrycznych. Przekształcenie ilorazowe można stosować tylko wtedy, gdy zmienne są mierzone na skali ilorazowej (Gatnar, Walesiak, 2004, s. 36).

Dla metod unitaryzacyjnych charakterystyczne jest przyjęcie stałego punktu odniesienia, który stanowi rozstęp zmiennej normowanej. Elementem odróżniającym poszczególne formuły jest licznik jej ułamka (Kukuła, 1999, s. 12). W wyniku zastosowania formuły unitaryzacji zerowanej wszystkie zmienne przyjmują wartości z przedziału $[0, 1]$. Po tej transformacji obiektowi o najmniejszej wartości cechy będzie odpowiadać wartość 0, a obiektowi o największej wartości będzie odpowiadać 1. Należy podkreślić, że dla unitaryzacji zerowej wzór dotyczy stymulant, ponieważ w pracy zmienne diagnostyczne mają charakter stymulant. W przypadku destymulant i nominant formuły są inne.

W wyniku zastosowania metod opartych na przekształceniu ilorazowym zmienna znormalizowana zachowuje zmienność zmiennej wyjściowej. Metody przyjmują różne punkty odniesienia, takie jak średnia arytmetyczna, maksymalna wartość cechy, minimalna wartość cechy lub rozstęp danej cechy diagnostycznej (Malina, 2004, s. 33).

METODYKA BADAŃ

Punktem wyjścia do przeprowadzenia analizy było utworzenie zestawu zmiennych diagnostycznych opisujących stopień wykorzystania technologii ICT w krajach Unii Europejskiej w 2018 roku. Wskaźniki wykorzystania technologii informacyjnych wybrano kierując się kryterium merytoryczno-statystycznym, zapewniającym porównywalność. Zbiór zmiennych diagnostycznych zawiera dziewięć wskaźników oznaczonych symbolami od X_1 do X_9 , które określają odsetek przedsiębiorstw:

- X_1 – posiadających własną stronę internetową,
- X_2 – które otrzymały zamówienia za pośrednictwem sieci komputerowej,
- X_3 – prowadzących sprzedaż online (co najmniej 1% obrotu),
- X_4 – które otrzymały zamówienia za pośrednictwem strony internetowej lub aplikacji,
- X_5 – które sprzedawały za pośrednictwem strony internetowej lub aplikacji B2B, B2G,

X_6 – które sprzedawały za pośrednictwem strony internetowej lub aplikacji B2C,
 X_7 – wykorzystujących druk 3D,
 X_8 – przesyłających faktury elektroniczne do automatycznego przetwarzania,
 X_9 – kupujących aplikacje finansowe i księgowe jako usługę Creative Cloud.

Dane statystyczne, na podstawie których przeprowadzono analizę, tworzą macierz X o następującej postaci:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (8)$$

gdzie:

n – liczba obiektów,

m – liczba zmiennych.

Stopień wykorzystania technologii ICT w obiektach przestrzennych (państwach UE-28) należy niewątpliwie do zjawisk złożonych. W związku z tym w opracowaniu w celu zbadania wpływu sposobu normalizacji zmiennych na porządkowanie liniowe krajów Unii Europejskiej pod względem stopnia wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych w przedsiębiorstwach zastosowano bezwzorcową metodę porządkowania liniowego stanowiącą średnią arytmetyczną unormowanych wartości cech diagnostycznych. Wykorzystana metoda należy do szerokiego zbioru procedur pod nazwą wielowymiarowa analiza porównawcza, która umożliwia ocenę obiektów i zjawisk złożonych, tj. zjawisk, których nie można opisać jedną zmienną, ale zwykle opisu tego dokonuje się za pomocą większej liczby zmiennych (Kukuła, 2014, s. 171). Wartości zmiennej syntetycznej dla i -tego obiektu wyznacza się wg wzoru:

$$Q_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m z_{ij} \quad \text{dla } i=1, \dots, n, \quad (9)$$

gdzie: z_{ij} oznacza znormalizowaną (zestandaryzowaną) wartość zmiennej j dla i -tego obiektu.

W pracy do budowy bezwzorcowej miary syntetycznej wykorzystano cztery formuły normujące: unitaryzację zerowaną cech wyrażoną wzorem 5 oraz przekształcenie ilorazowe wyrażone wzorami 6, 7, 8.

W analizie nie zastosowano standaryzacji oraz unitaryzacji, ponieważ w wyniku transformacji otrzymano wartości zarówno dodatnie i ujemne. Na podstawie tak przekształconych wartości nie można utworzyć syntetycznej miary rozwoju w postaci średniej arytmetycznej (Sarama, 2012, s. 349).

W wyniku porządkowania krajów otrzymano cztery rankingi, które ze sobą porównywano. Podobieństwo uzyskanych wyników porządkowania zbadano przy wykorzystaniu współczynnika korelacji rang Spearmana oraz miary podobieństwa rankingów m_{pq} , obliczonej według następującego wzoru (Kukuła, Luty, 2015a, s. 223):

$$m_{pq} = 1 - \frac{2 \sum_{i=1}^n |c_{ip} - c_{iq}|}{n^2 - z}, \quad p, q = 1, 2, \dots, v, \quad (10)$$

c_{ip} – pozycja i -tego obiektu w rankingu o numerze p ,

c_{iq} – pozycja i -tego obiektu w rankingu o numerze q ,

$z = 0$ dla n należących do liczb parzystych,

$z = 1$ dla n należących do liczb nieparzystych,

v – liczba sporządzonych rankingów.

Miara m_{pq} przyjmuje wartości z przedziału od 0 do 1. Jeśli porównywane rankingi są identyczne, wówczas $m_{pq} = 1$ (Kukuła, 2014, s. 174), co oznacza, że wykorzystanie różnych sposobów normalizacji zmiennych nie wpływa na zajmowane pozycje w układzie porządkowym. Im wartość miary podobieństwa jest bliższa 0, tym rankingi odznaczają się większym zróżnicowaniem. Współczynnik korelacji rang Spearmana przyjmuje wartości z przedziału $<-1, 1>$, a jego znak informuje o charakterze uporządkowań. Dodatni świadczy o uporządkowaniach zgodnych (zmiana transformacji zmiennych nie spowodowała powstania różnic w uporządkowaniach), ujemny o przeciwnych. Zgodność uporządkowań jest tym większa, im wartość współczynnika jest bliższa jedności (Stec, 2008, s. 115).

Spośród sporządzonych rankingów wybrano ten, który jest najbardziej podobny do pozostałych, czyli uporządkowanie dla którego miara $\bar{u}_p = \max_p \bar{u}_p$ (Kukuła, Luty, 2015b, s. 229):

$$\bar{u}_p = \frac{1}{v-1} \sum_{\substack{q=1 \\ p \neq q}}^v m_{pq}, \quad p, q = 1, 2, \dots, v, \quad (11)$$

gdzie:

v – liczba sporządzonych rankingów.

WYNIKI BADANIA

W tabeli 2 przedstawiono obliczone wartości miary syntetycznej i pozycje krajów Unii Europejskiej w rankingach uzyskanych z wykorzystaniem wybranych wymienionych metod normalizacji zmiennych. Przyjęto następujące oznaczenia:

- R1 – ranking sporządzony przy zastosowaniu unitaryzacji zerowanej,
 R2 – ranking sporządzony przy zastosowaniu przekształcenia ilorazowego z podstawą normalizacji równą wartości maksymalnej zmiennej,
 R3 – ranking sporządzony przy zastosowaniu przekształcenia ilorazowego z podstawą normalizacji równą średniej,
 R4 – ranking sporządzony przy zastosowaniu przekształcenia ilorazowego z podstawą normalizacji równą rozstępowi.

Tabela 2. Wartości miary syntetycznej i pozycje krajów UE-28 w rankingach uzyskanych z wykorzystaniem różnych formuł normalizacyjnych

Kraje	Wartość zmiennej syntetycznej				Ranking krajów			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
Austria	0,376	0,482	0,871	0,659	15	15	17	15
Belgia	0,727	0,769	1,438	1,010	4	4	4	4
Bułgaria	0,055	0,245	0,445	0,339	28	28	28	28
Chorwacja	0,356	0,477	0,889	0,639	16	17	16	16
Cypr	0,238	0,379	0,690	0,521	22	22	22	22
Czechy	0,516	0,597	1,086	0,800	9	10	11	9
Dania	0,821	0,851	1,690	1,105	1	1	1	1
Estonia	0,436	0,542	1,052	0,719	13	13	12	13
Finlandia	0,753	0,807	1,687	1,037	3	2	2	3
Francja	0,322	0,452	0,846	0,605	19	18	19	19
Grecja	0,170	0,328	0,580	0,453	25	26	26	25
Hiszpania	0,385	0,499	0,945	0,669	14	14	14	14
Irlandia	0,700	0,748	1,414	0,984	5	5	5	5
Litwa	0,499	0,589	1,105	0,782	11	11	10	11
Luksemburg	0,331	0,451	0,820	0,614	18	19	20	18
Łotwa	0,168	0,328	0,590	0,452	26	25	25	26
Malta	0,528	0,610	1,128	0,812	8	8	9	8
Niderlandy	0,644	0,704	1,355	0,928	6	6	6	6
Niemcy	0,484	0,570	1,032	0,768	12	12	13	12
Polska	0,222	0,369	0,665	0,505	24	24	24	24
Portugalia	0,351	0,480	0,910	0,634	17	16	15	17
Rumunia	0,065	0,260	0,501	0,349	27	27	27	27
Słowacja	0,295	0,426	0,784	0,578	21	21	21	21
Słowenia	0,545	0,627	1,236	0,828	7	7	7	7
Szwecja	0,768	0,806	1,572	1,051	2	3	3	2
Węgry	0,233	0,379	0,683	0,517	23	23	23	23

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Wielka Brytania	0,511	0,601	1,129	0,794	10	9	8	10
Włochy	0,297	0,436	0,857	0,581	20	20	18	20
Średnia	0,421	0,529	1,000	0,705				
Odchylenie standardowe	0,213	0,169	0,347	0,213				
Współczynnik zmienności	50,54%	31,93%	34,68%	30,21%				
Współczynnik asymetrii	0,229	0,295	0,473	0,229				

Źródło: opracowanie własne.

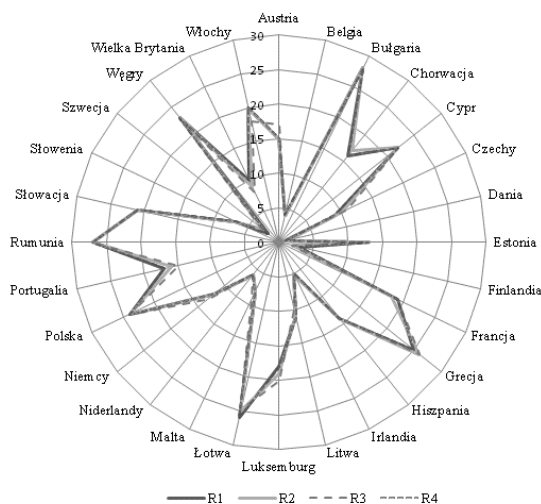
Na podstawie analizy danych zamieszczonych w tabeli 2 można zauważyć, że w 2018 roku na czołowych pozycjach w rankingu pod względem stopnia wykorzystania technologii ICT w przedsiębiorstwach znajdowały się: Dania, Finlandia oraz Szwecja. Najniższe pozycje zajmowały: Bułgaria, Rumunia, Grecja oraz Łotwa. Niezależnie od sposobu normalizacji zmiennych 12 krajów zajmowało tę samą pozycję, a należą do nich odpowiednio: Dania (1. miejsce), Belgia (4. miejsce), Irlandia (5. miejsce), Niderlandy (6. miejsce), Słowenia (7. miejsce), Hiszpania (14. miejsce), Słowacja (21. miejsce), Cypr (22. miejsce), Węgry (23. miejsce), Polska (24. miejsce), Rumunia (27. miejsce) oraz Bułgaria (28. miejsce). Czołowa pozycja krajów skandynawskich może wynikać z ich wysokiego poziomu rozwoju. Podobne wyniki badań, z których wynika, że liderami w dziedzinie wykorzystania ICT są kraje skandynawskie, a wśród najniżej ocenionych znajdują się kraje południowej i południowo-wschodniej Europy oraz Polska, uzyskała np. J. Wojnar (Wojnar, 2020, s. 39).

Porównując uzyskane pozycje otrzymane w wyniku zastosowania unitaryzacji zerowanej (R1) z lokatami utrzymanymi na skutek wykorzystania przekształcenia ilorazowego z podstawą normalizacji równą średniej (R3), dla sześciu krajów (Austrii, Czech, Luksemburgu, Portugalii, Wielkiej Brytanii oraz Włoch) odnotowano różnice dwóch miejsc. Pozostałe dziesięć państw (Chorwacja, Estonia, Finlandia, Francja, Grecja, Litwa, Łotwa, Malta, Niemcy, Szwecja) uplasowało się o jedną lokatę niżej lub wyżej w rankingu w zależności od zastosowanej formuły normalizacyjnej.

Ponadto na podstawie wartości miar syntetycznych warto zauważyć, że wykorzystując unitaryzację zerowaną miara syntetyczna przyjmowała najniższe wartości. Najwyższe wartości miary syntetycznej odnotowano, gdy do transformacji zmiennych wykorzystano przekształcenie ilorazowe z podstawą normalizacji równą średniej.

Zróźnicowanie krajów UE-28 pod względem stopnia wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych należy uznać za duże. Współczynnik zmienności ustalony na podstawie wartości miar syntetycznych wyniósł 50,54%, gdy w celu normalizacji zmiennych zastosowano unitaryzację zerowaną. W przypadku pozostałych metod normalizacji zmiennych współczynnik zmienności wahał się w granicach 30,21%–34,68%. Rozkład wyznaczonych miar syntetycznych cechuje się asymetrią prawostronną, co świadczy o tym, że dla większości krajów syntetyczny miernik ma wartości niższe od średniej.

Celem oceny dystansu krajów UE-28 w kontekście analizowanego zjawiska i zastosowanych metod normalizacji zmiennych na rys. 1 w postaci graficznej odzwierciedlono uzyskane wyniki. Na ich podstawie można zauważyć, które kraje utrzymały tę samą pozycję w rankingu, a które zmieniły swoją pozycję na skutek wykorzystania innego sposobu normowania.



Rys. 1. Pozycje krajów UE-28 ze względu na stopień wykorzystania ICT w przedsiębiorstwach w 2018 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych w tabeli 2.

Analiza rys. 1 pozwala zauważyć podobieństwo uzyskanych porządkowań, o czym świadczy fakt, że linie odzwierciedlające każdy z rankingów mają podobny kształt i w wielu punktach na siebie nachodzą. Im linia przechodzi bliżej środka, tym obiekt zajmuje wyższą pozycję w rankingu.

W celu określenia, w jakim stopniu rankingi są podobne do siebie oraz który z nich wykazuje największe podobieństwo z pozostałymi, dla każdej pary układów porządkowych przedstawionych w tabeli 2, wyznaczono miarę podobieństwa rankingów oraz wartości współczynnika korelacji rang Spearmana. W tabeli 3 zaprezentowano wartości współczynnika korelacji Spearmana pomiędzy rankingami.

Tabela 3. Wartości współczynnika korelacji Spearmana pomiędzy rankingami

	R1	R2	R3	R4
R1	1	0,997	0,991	1,00
R2	0,997	1	0,995	0,997
R3	0,991	0,995	1	0,991
R4	1,00	0,997	0,991	1

Źródło: opracowanie własne.

Wszystkie obliczone współczynniki są statystycznie istotne, prawdopodobieństwo testowe p jest mniejsze od 0,05. Otrzymane wysokie wartości współczynnika rang Spearmana wskazują na duże podobieństwo wyników uporządkowania, przy czym rankingi sporządzone przy wykorzystaniu unitaryzacji zerowanej oraz przekształcenia ilorazowego z podstawą normalizacji równą rozstępowi są identyczne.

Wyniki otrzymanych wartości współczynnika rang Spearmana skonfrontowano z miarą podobieństwa rankingów. W wyniku jej zastosowania uzyskano macierz M .

$$[M] = \begin{bmatrix} 1 & 0,974 & 0,949 & 1,0 \\ & 1 & 0,964 & 0,974 \\ & & 1 & 0,949 \\ & & & 1 \end{bmatrix} \quad (p, q = 1, 2, 3, 4)$$

Na podstawie miary podobieństwa rankingów wysunięto podobny wniosek, jak na podstawie współczynników korelacji rang Spearmana. Sporządzone rankingi wykazują duże podobieństwo. Najniższą zbieżność wyników otrzymano dla uporządkowań sporządzonych przy wykorzystaniu unitaryzacji zerowanej (R1) oraz przekształcenia ilorazowego z podstawą normalizacji równą średniej (R3).

Celem określenia stopnia podobieństwa rankingu uzyskanego w wyniku zastosowania p -tej metody porządkowania liniowego w stosunku do pozostałych rozważanych rankingów obliczono wartość miary $\overline{u_p}$. Wektor podobieństwa przyjmuje następującą postać:

$$\left[\overline{u_p} \right]_{p=1,2,3,4} = [0,974 \quad 0,980 \quad 0,954 \quad 0,974]$$

Metodę unitaryzacji zerowanej oznaczono jako $p = 1$, przekształcenie ilorazowe z podstawą normalizacji równą wartości maksymalnej to $p = 2$, przekształcenie ilorazowe z podstawą normalizacji równą średniej to $p = 3$, przekształcenie ilorazowe z podstawą normalizacji równą rozstępowi to $p = 4$.

W rozpatrywanym problemie ranking państw UE sporządzony przy wykorzystaniu przekształcenia ilorazowego z podstawą normalizacji równą wartości maksymalnej jest najbardziej podobny do wszystkich pozostałych wyznaczonych rankingów.

Zaprezentowane rozważania pokazały, że wybór formuły normowania zmienionych porównywanych obiektów wpływa na zajmowane pozycje w rankingu, o czym świadczą występujące rozbieżności w zbudowanych rankingach. Różnice te jednak nie są znaczne, co potwierdzają wysokie wartości miary podobieństwa rankingów oraz współczynnika korelacji rang Spearmana.

Wyniki badania potwierdzają spostrzeżenie M. Jarockiej, że zmiana procedury transformacji zmiennych może powodować modyfikację wyników analizy porównawczej obiektów wielocechowych, która nie wynika ze zmiany struktury

danych. Zmiana normalizacji cech diagnostycznych może spowodować zmiany pozycji obiektów, które niekoniecznie spowodowane są wzrostem lub spadkiem ich definiowanej poprzez kryteria oceny „jakości”. Decydując się na zmianę formuły normalizacyjnej, należy zastąpić ją taką postacią, która nie zmienia ostatecznego wyniku prowadzonej ewaluacji (Jarocka, 2015, s. 125).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W artykule zbadano wpływ sposobu normalizacji zmiennych na wynik porządkowania liniowego krajów Unii Europejskiej analizowanych pod względem stopnia wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych w przedsiębiorstwach. Przeprowadzone badania empiryczne pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków końcowych:

- Wykorzystane w artykule narzędzie badawcze mające na celu budowę rankingu stanowi pożyteczną metodę w obiektywnym wartościowaniu obiektów.
- W przypadku otrzymania kilku rankingów warto dokonać ich porównania przy wykorzystaniu współczynnika korelacji rang Spearmana lub miary podobieństwa rankingów.
- Wybór formuły normowania zmiennych porównywanych obiektów miał wpływ na zajmowane pozycje w rankingu, co wynika z występujących rozbieżności w zbudowanych rankingach.
- W każdym sporządzonym rankingu czołowe miejsca zajmowały: Dania, Szwecja i Finlandia. Z kolei najniższe lokaty dotyczyły Bułgarii, Rumunii i Łotwy.
- Rankingi zbudowane przy wykorzystaniu różnych metod normalizacji zmiennych są dosyć podobne, co potwierdzają wysokie wartości korelacji rang Spearmana oraz miary podobieństwa rankingów.
- Zaprezentowana metoda porządkowania liniowego ma charakter uniwersalny i może być wykorzystywana w innych studiach przestrzennych.

BIBLIOGRAFIA

- Becker, A., Becker, J., Sulikowski, P., Zdziebko, T. (2018). ANP-based analysis of ICT usage in Central Europeans enterprises. *Procedia Computer Science*, 126, 2173–2183. DOI: 10.1016/j.procs.2018.07.231.
- Binderman, A. (2009). Wpływ sposobu normalizacji zmiennych na ocenę regionalnego zróżnicowania rolnictwa. *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, 11(2), 25–38.
- Gatnar, E., Walesiak, M. (2004). *Metody statystycznej analizy wielowymiarowej w badaniach marketingowych*. Wrocław: Wydawnictwo AE we Wrocławiu.
- Jarocka, M. (2015). Wybór formuły normalizacyjnej w analizie porównawczej obiektów wielocechowych. *Ekonomia i Zarządzanie*, 1, 113–126. DOI: 10.12846/j.em.2015.01.08.

- Kaczmarzyk, P. (2017). Zastosowanie metod porządkowania liniowego w badaniu województw pod względem stopnia wykorzystania ICT w przedsiębiorstwach. *Zeszyty Naukowe PWSZ w Płocku. Nauki Ekonomiczne*, 1(25), 49–56. DOI: 10.19251/ne/2017.25(3).
- Kiercz, O. (2013). Infrastruktura ICT polskich przedsiębiorstw w układzie regionalnym. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie*, 907, 43–58.
- Krakowiak-Bal, A. (2005). Wykorzystanie wybranych miar syntetycznych do budowy miary rozwoju infrastruktury technicznej. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 3, 71–82.
- Kukuła, K. (1999). Metoda unitaryzacji zerowanej na tle wybranych metod normowania cech diagnostycznych. *Acta Scientifica Academiae Ostroviensis*, 4, 5–31.
- Kukuła, K., Luty, L. (2015a). Propozycja procedury wspomagającej wybór metody porządkowania liniowego. *Przegląd Statystyczny*, 2, 219–231.
- Kukuła, K., Luty, L. (2015b). Ranking państw UE ze względu na wybrane wskaźniki charakteryzujące rolnictwo ekologiczne. *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, 16(3), 225–236.
- Kukuła, K. (2014). Wybrane problemy ochrony środowiska w Polsce w świetle wielowymiarowej analizy porównawczej. *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, 15(3), 169–188.
- Malchar, J., Zielińska-Sitkiewicz, M. (2017). Metody klasyfikacji w analizie porównawczej rozwoju społeczno-gospodarczego polskich województw w latach 2010–2014 – wpływ procedury normalizacji na wynik rankingu. *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, 18(4), 643–652. DOI: 10.22630/MIBE.2017.18.4.59.
- Malina, A. (2004). *Wielowymiarowa analiza przestrzennego zróżnicowania struktury gospodarki Polski według województw*. Kraków: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie.
- Mesjasz-Lech, A. (2009). Ocena stopnia wykorzystania technologii informatycznych w przedsiębiorstwach według województw z zastosowaniem metod statystycznych. *Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Wiedzą*, 23, 121–129.
- Olszewska, K. (2011). Sektor technologii informacyjnych i komunikacyjnych (ICT) w podnoszeniu międzynarodowej konkurencyjności gospodarki na przykładzie Chin. W: M. Winiarski (red.), *Gospodarka: innowacje i rozwój* (s. 85–101). Wrocław: Prawnicza i Ekonomiczna Biblioteka Cyfrowa, Uniwersytet Wrocławski, Wydział Prawa Administracji i Ekonomii.
- Sarama, M. (2012). Wybrane problemy tworzenia wskaźników złożonych w badaniach rozwoju społeczeństwa informacyjnego i gospodarki elektronicznej. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Usług*, 87, 345–353.
- Stec, M. (2008). Ranking poziomu rozwoju krajów Unii Europejskiej. *Gospodarka Narodowa*, 7–8, 99–118.
- Tomaszewska, A.W. (2013). Dostęp do technologii informacyjno-komunikacyjnych w społeczeństwie informacyjnym. Przykład polskich regionów. *Acta Universitatis Lodziensis. Folia Oeconomica*, 290, 23–37.
- Walesiak, M. (2014). Przegląd formuł normalizacji wartości zmiennych oraz ich własności w statystycznej analizie wielowymiarowej. *Przegląd Statystyczny*, 61(4), 354–365.

Wojnar, J. (2020). Zróżnicowanie wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych w krajach Unii Europejskiej. *Wiadomości Statystyczne. The Polish Statistician*, 65(8), 38–56. DOI: 10.5604/01.3001.0014.3526.

Streszczenie

Podstawowym zagadnieniem wielowymiarowej analizy porównawczej jest normalizacja zmiennych wyjściowych. W literaturze przedmiotu prezentowane są różne formuły normalizacyjne, w związku z tym badacz stoi przed wyborem jednej z nich. W artykule zaprezentowano i omówiono najczęściej stosowane formuły normalizujące.

Celem artykułu jest ocena wpływu sposobu normalizacji zmiennych na wynik porządkowania liniowego krajów Unii Europejskiej pod względem stopnia wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych w przedsiębiorstwach. W pracy postawiono hipotezę, że sposób normalizacji zmiennych wpływa na zajmowane pozycje obiektów w rankingu. Dane statystyczne będące podstawą badań dotyczyły 2018 roku i pochodziły z Eurostatu.

W oparciu o wyselekcjonowane zmienne diagnostyczne wyznaczono wartości miary syntetycznej dla poszczególnych krajów. Syntetyczny miernik obliczono zgodnie z bezwzorcową metodą porządkowania liniowego, wykorzystując cztery sposoby normalizacji cech. Zastosowana metoda pozwoliła na ustalenie rankingów krajów. Zgodność otrzymanych uporządkowań została porównana za pomocą współczynnika korelacji liniowej Spearmana oraz miary podobieństwa rankingów, co pozwoliło stwierdzić, że sposoby normalizacji zmiennych mają wpływ na wyniki klasyfikacji.

Z przeprowadzonego badania wynika, że przekształcenie ilorazowe z podstawą normalizacji równą wartości maksymalnej pozwalało na uzyskanie najbardziej podobnego rankingu badanych obiektów względem rankingów uzyskanych innymi sposobami normalizacji zmiennych. Wyniki badań pokazują, że w każdym sporządzonym rankingu czołowe miejsca zajmowały Dania, Szwecja i Finlandia. Najniższe lokaty zajmowała Bułgaria, Rumunia i Łotwa.

Słowa kluczowe: normalizacja zmiennych, porządkowanie liniowe, ranking, kraje Unii Europejskiej.

Data normalization and linear ordering of the European Union countries analysed with regard to the level of ICT usage in enterprises

Summary

The main issue of multivariate comparative analysis is the normalization of variables. The literature offers various procedures for data normalization, and therefore the researcher has to choose between them. The article presents and discusses the most commonly used normalizing formulas.

The article assesses the impact of data normalization procedures on the results of the linear ordering of European Union countries in terms of the level of ICT usage in enterprises. A hypothesis was formulated that the method of data normalization influenced the position of the objects in the ranking. The study is based on statistical data from Eurostat for the year 2018.

Based on the selected diagnostic variables, values for a synthetic measure have been determined for individual countries. The synthetic measure was calculated according to the model-less method of linear ordering using four types of normalization. The method used in the research allowed the creation of rankings for the countries. The compliance of the orders thus obtained was compared using the Spearman's coefficient of range correlation and the measure of similarity of rankings.

As the study shows, the choice of normalization formula influences the result of linear ordering, which is not due to any change in the data structure. It was proven that the quotient transformation with the normalization base equal to the maximum value allowed the most similar ranking to be obtained of the examined objects in relation to the Rother rankings. The results of the study show that Denmark, Sweden and Finland had the highest positions in each ranking while Bulgaria, Romania and Latvia had the lowest positions.

Keywords: methods of normalization, linear ordering, ranking, EU countries.

JEL: C38, O52.