

KAROL KUKUŁA¹, LIDIA LUTY²

PROPOZYCJA PROCEDURY WSPOMAGAJĄCEJ WYBÓR METODY PORZĄDKOWANIA LINIOWEGO

1. WPROWADZENIE

Metody porządkowania zbioru obiektów można podzielić na metody porządkowania liniowego i metody porządkowania nieliniowego. Celem metod porządkowania liniowego jest uszeregowanie obiektów w kolejności od najlepszego do najgorszego ze względu na określone kryterium, grupowanie obiektów ma w nich znaczenie drugoplanowe. Natomiast celem metod porządkowania nieliniowego nie jest ustalenie hierarchii obiektów, lecz tylko przypisanie dla każdego z obiektów, podobnych do niego obiektów ze względu na wartości opisujących je zmiennych. Każdy etap procedury porządkowania zbioru obiektów (m.in. dobór: cech diagnostycznych, sposób wartościowania cech, systemu wag, formuły normalizacji, miary odległości) wymaga rozstrzygnięcia kwestii doboru metody.

Metody porządkowania liniowego można podzielić na metody diagramowe, procedury oparte na zmiennej syntetycznej oraz procedury iteracyjne.

Celem niniejszego artykułu jest zaproponowanie procedury wspomagającej wybór metody porządkowania liniowego. Zaprezentowana zostanie ona na przykładzie procedur opartych na zmiennej syntetycznej.

2. PREZENTACJA WYBRANYCH METOD PORZĄDKOWANIA LINIOWEGO

Tematem naszych rozważań są metody porządkowania liniowego oparte na zmiennej syntetycznej. W literaturze spotyka się dwa rodzaje procedur wyznaczania zmiennej syntetycznej: bezwzorcowe i wzorcowe (Grabiński, 1984, s. 38). Metody bezwzorcowe polegają na operacji uśrednienia wartości zmiennych unormowanych. Wzorcowe metody agregacji zmiennych polegają na wyznaczeniu odległości poszczególnych obiektów od pewnego, zdefiniowanego modelowego obiektu.

¹ Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-ekonomiczny, Katedra Statystyki i Ekonometrii, Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, Polska.

² Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-ekonomiczny, Katedra Statystyki i Ekonometrii, Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, Polska, autor prowadzący korespondencję – e-mail: rrdutka@cyf-kr.edu.pl.

Z formalnego punktu widzenia zmienna syntetyczna jest funkcją przekształcającą macierz unormowanych wartości zmiennych diagnostycznych: X_1, X_2, \dots, X_m w wektor Q realizacji zmiennej syntetycznej: $Q = [Q_1 \ Q_2 \ \dots \ Q_n]$, gdzie Q_i ($i = 1, 2, \dots, n$) oznacza wartość zmiennej syntetycznej w i -tym badanym obiekcie.

Jednym z etapów konstrukcji zmiennej syntetycznej jest unormowanie zmiennych diagnostycznych. W literaturze znajdziemy wiele propozycji tych metod i dyskusji na temat kryteriów ich wyboru (por. np. Perkal, 1953; Hellwig, 1968; Wesołowski, 1975; Bartosiewicz, 1976; Nowak, 1977; Strahl, 1978; Borys, 1978; Grabiński, 1992; Kukula, 2000; Lira i inni, 2002; Pawelek, 2008; Panek, 2009; Walesiak, 2014).

Z formuł normujących³ w dalszej części pracy wykorzystano:

- standaryzację:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j}, \quad S_j \neq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad (1)$$

gdzie: z_{ij} – wartość unormowana j -tej zmiennej dla i -tego obiektu; x_{ij} – wartość j -tej zmiennej dla i -tego obiektu; \bar{x}_j i S_j to odpowiednio średnia arytmetyczna i odchylenie

standardowe j -tej zmiennej; $z_{ij} \in \left\langle \frac{\min_i x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j}; \frac{\max_i x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j} \right\rangle$;

- unitaryzację zerowaną:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}, \quad \max_i x_{ij} \neq \min_i x_{ij}, \quad (2)$$

gdzie: z_{ij} – wartość unormowana j -tej zmiennej dla i -tego obiektu; x_{ij} – wartość j -tej zmiennej dla i -tego obiektu; $z_{ij} \in \langle 0, 1 \rangle$;

- metodę D. Strahl:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}}, \quad \max_i x_{ij} \neq 0, \quad (3)$$

gdzie: z_{ij} – wartość unormowana j -tej zmiennej dla i -tego obiektu; x_{ij} – wartość j -tej

zmiennej dla i -tego obiektu; $z_{ij} \in \left\langle \frac{\min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij}}; 1 \right\rangle$;

- metodę E. Nowaka:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\bar{x}_j}, \quad \bar{x}_j \neq 0, \quad (4)$$

³ Formuły normujące przedstawiono tylko dla zmiennych będących stymulantami. Sposoby normowania zmiennych będących stymulantami lub nominantami znajdziemy m.in. w opracowaniach już wymienionych.

gdzie: z_{ij} – wartość unormowana j -tej zmiennej dla i -tego obiektu; x_{ij} – wartość j -tej zmiennej dla i -tego obiektu; $z_{ij} \in \left\langle \frac{\min_i x_{ij}}{\bar{x}_j}; \frac{\max_i x_{ij}}{\bar{x}_j} \right\rangle$;

- standaryzację pozycyjną z medianą Webera⁴:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \theta_{0j}}{1,4826 \tilde{m}d(X_j)}, \quad \tilde{m}d(X_j) \neq 0, \quad (5)$$

gdzie: z_{ij} – wartość unormowana j -tej zmiennej dla i -tego obiektu, x_{ij} – wartość j -tej zmiennej dla i -tego obiektu, θ_{0j} – wartość j -tej współrzędnej mediany Webera dla układu cech; $\tilde{m}d(X_j) = \text{med}_i |x_{ij} - \theta_{0j}|$; $z_{ij} \in \left\langle \frac{\min_i x_{ij} - \theta_{0j}}{1,4826 \tilde{m}d(X_j)}; \frac{\max_i x_{ij} - \theta_{0j}}{1,4826 \tilde{m}d(X_j)} \right\rangle$.

Konstruując zmienną syntetyczną posłużono się:

A – bezwzorcową metodą agregacji zmiennych:

$$Q_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m z_{ij}, \quad (6)$$

gdzie:

Q_i – wartość zmiennej syntetycznej dla i -tego obiektu;

z_{ij} – wartość unormowana j -tej zmiennej dla i -tego obiektu,

B – wzorcową metodą agregacji zmiennych zaproponowaną przez:

- Hellwiga (1968), tzw. wskaźnik rozwoju:

$$Q_i = 1 - \frac{d_i^+}{d_0}, \quad (7)$$

gdzie:

Q_i – wartość zmiennej syntetycznej dla i -tego obiektu;

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_j^+)^2};$$

z_{ij} – wartość unormowana j -tej zmiennej dla i -tego obiektu metodą standaryzacji;

$z_j^+ := \max_i \{z_{ij}\}$; $d_0 = \bar{d} + 2S_d$ oraz \bar{d} , S_d to odpowiednio średnia arytmetyczna i odchylenie standardowe wektora $d = [d_1^+ \quad d_2^+ \quad \dots \quad d_n^+]$;

⁴ Mediana Webera jest to punkt przestrzeni R^n , który ma taką własność, że suma jego odległości od k danych punktów jest najmniejsza (Młodak, 2010).

- Hwang i inni (1981), tzw. metoda TOPSIS⁵:

$$Q_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}, \quad (8)$$

gdzie:

Q_i – wartość zmiennej syntetycznej dla i -tego obiektu;

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_j^-)^2}; \quad d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_j^+)^2};$$

z_{ij} – wartość unormowana j -tej zmiennej dla i -tego obiektu metodą standaryzacji;

$$z_j^+ := \max_i \{z_{ij}\}; \quad z_j^- := \min_i \{z_{ij}\};$$

- Lira i inni (2002), tzw. metoda pozycyjna:

$$Q_i = 1 - \frac{d_i^+}{d_0}, \quad (9)$$

gdzie:

Q_i – wartość zmiennej syntetycznej dla i -tego obiektu;

$$d_i^+ = \text{med}_j |z_{ij} - z_j^+|;$$

z_{ij} – wartość znormalizowana j -tej zmiennej dla i -tego obiektu metodą standaryzacji pozycyjnej z medianą Webera;

$$d_0 = \text{med}_i (d) + 2,5 \text{mad}(d), \quad \text{mad}(d) = \text{med}_i |d_i - \text{med}(d)|, \quad \text{gd}y \quad d = [d_1^+ \quad d_2^+ \quad \dots \quad d_n^+].$$

3. PROCEDURA WSPOMAGAJĄCA WYBÓR METODY PORZĄDKOWANIA

Rozważmy przypadek zastosowania v metod porządkowania liniowego obiektów, z wykorzystaniem zmiennej syntetycznej ze względu na stan zjawiska złożonego opisanego przez m zmiennych oznaczonych: X_1, X_2, \dots, X_m . Wynikiem końcowym tego porządkowania będzie zatem v rankingów. Kolejnym etapem będzie porównanie tak uzyskanych układów porządkowych każdy z każdym. Ilość tych porównań (α wyniesie:

$\alpha = \frac{v(v-1)}{2}$). Przez wyniki porównań będziemy rozumieli porównania międzyrankingowe oszacowane za pomocą miary m_{pq} (miary podobieństw rankingów) (Kukula, 1989):

⁵ Metoda TOPSIS (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) jest pewną modyfikacją zaproponowanej przez Hellwiga (1968) techniki badawczej, a potem rozwiniętą przez Bartosiewicz (1976) i Plutę (1977). Można zatem uznać, iż to właśnie Z. Hellwig był pomysłodawcą idei, z której skorzystali autorzy metody TOPSIS i pozostali modyfikujący tą metodę.

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

gdzie:

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

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

$$z = \begin{cases} 0, & n \in P \\ 1, & n \notin P \end{cases}, \text{ a } P \text{ – zbiór liczb naturalnych parzystych.}$$

Warto nadmienić, że: $m_{pq} \in [0, 1]$.

Wyniki wszystkich porównań międzyrankingowych możemy przedstawić w macierzy M :

$$M = [m_{pq}] = \begin{bmatrix} 1 & m_{12} & m_{13} & \cdots & m_{1v} \\ m_{21} & 1 & m_{23} & \cdots & m_{2v} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{v1} & m_{v2} & m_{v3} & \cdots & 1 \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Macierz M jest macierzą symetryczną o wymiarach $(v \times v)$, na głównej przekątnej ma wyniki porównania rankingów o tych samych numerach, czyli $m_{pq} = 1$, gdy $p = q$. Ponadto $m_{pq} = m_{qp}$, gdy $p \neq q$.

W celu określenia stopnia podobieństwa rankingu uzyskanego w wyniku zastosowania p -tej metody porządkowania liniowego w stosunku do pozostałych rankingów wystarczy obliczyć sumę elementów p wiersza (lub kolumny) macierzy M pomniejszoną o 1. Sumę tę oznaczymy symbolem u_p . Wynik ten można uśrednić w sposób następujący:

$$\bar{u}_p = \frac{1}{v-1} \sum_{\substack{q=1 \\ p \neq q}}^v m_{pq}, \quad p, q = 1, 2, \dots, v. \quad (12)$$

Należy wybrać tę metodę porządkowania liniowego, dla której $\bar{u}_p = \max_p \bar{u}_p$.

4. WERYFIKACJA EMPIRYCZNA

W przedstawionym przykładzie wykorzystano dane z artykułu Kukuła (2014), które opisują stan gospodarki odpadami w województwach Polski w 2012 r. Wybrane zmienne diagnostyczne X_1, X_2, \dots, X_8 odpowiadały:

X_1 – zmieszany odpadom komunalnym zebrany i unieszkodliwiony (kg/osobę),

X_2 – liczbie składowisk odpadów kontrolowanych,

X_3 – liczbie składowisk z instalacjami odgazowywania,

- X_4 – liczbie składowisk z instalacjami odgazowywania z odzyskiem energii elektrycznej,
 X_5 – recyklingowi szklanych odpadów opakowaniowych (tys. t),
 X_6 – recyklingowi odpadów opakowaniowych z papieru i tektury (tys. t),
 X_7 – recyklingowi odpadów opakowaniowych z tworzyw sztucznych (tys. t),
 X_8 – wielkości odpadów zebranych i wyselekcjonowanych (tys. t).

Przy wyborze kierowano się dwoma kryteriami (Kukula, 2014):

- przydatnością merytoryczną w ocenie badanego zjawiska,
- stopniem zmienności cech kwalifikowanych do zbioru zmiennych diagnostycznych.

Wszystkie wytypowane zmienne były stymulantami. W tabeli 1 przedstawiono wybrane charakterystyki liczbowe tych cech.

Tabela 1.

Wartości charakterystyk liczbowych cech diagnostycznych

Charakterystyki liczbowe	Cechy							
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
Maksymalna wartość	284,30	61,00	48,00	12,00	344068,00	476296,00	102559,00	168,00
Minimalna wartość	131,20	14,00	12,00	1,00	0,00	68,00	160,00	13,00
Średnia arytmetyczna	216,93	32,94	26,88	3,63	33832,13	49590,94	11533,69	62,81
Mediana	222,10	27,50	25,00	3,00	160,50	8896,50	3938,50	49,50
Mediana Webera ¹⁾	203,61	27,56	21,95	2,54	1304,08	8427,25	2621,04	46,40
Odchylenie standardowe	45,52	14,11	11,13	3,12	90570,68	113321,47	24688,87	43,91
Współczynnik zmienności	0,21	0,43	0,41	0,86	2,68	2,29	2,14	0,70
Iloraz skrajnych wartości	2,17	4,36	4,00	12,00	17203,4*	7004,35	640,99	12,92
Współczynnik asymetrii ²⁾	-0,42	0,79	0,56	1,35	2,71	3,30	3,12	0,98

¹⁾ Medianę Webera wyznaczono wykorzystując procedurę iteracyjną Newtona–Raphsona (Młodak, 2006, s. 135).

²⁾ Oszacowano jako iloraz momentu centralnego rzędu trzeciego przez odchylenie standardowe do potęgi trzeciej.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Kukula (2014); * przyjęto minimum wartości cechy z pominięciem wartości równych 0.

Cechy X_5 , X_6 , X_7 w badanej grupie obiektów charakteryzuje bardzo duże zróżnicowanie o czym świadczą wartości miar zróżnicowań.

Analizując wyniki prezentowane w tabeli 2 można zauważyć, że układy porządkowe różnią się. Jedynie dwa województwa mazowieckie i świętokrzyskie we wszystkich rozważanych wariantach nie zmieniały pozycji i były to odpowiednio miejsca pierwsze i ostatnie. Województwo lubuskie w jednym rankingu uplasowało się na

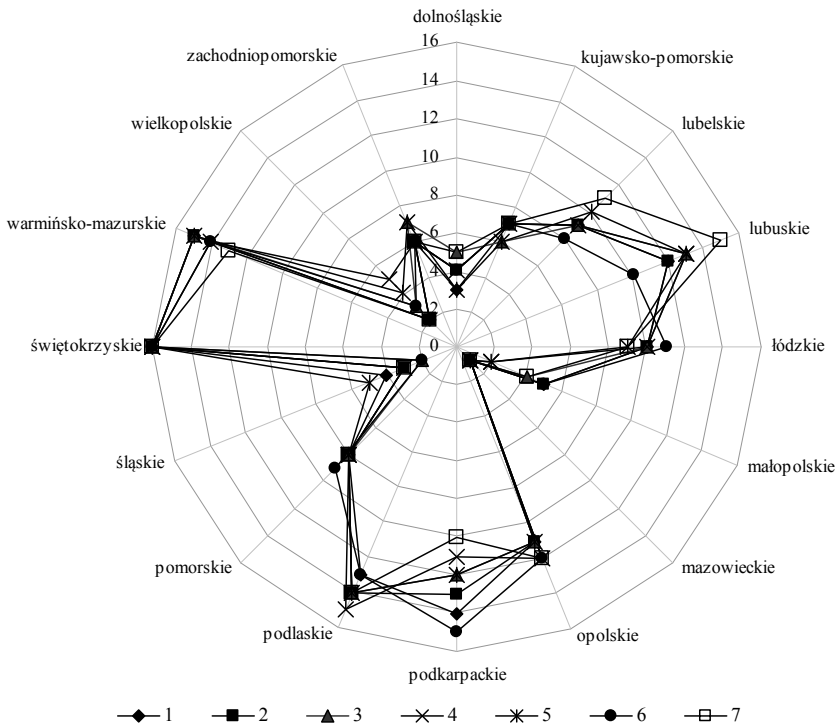
10 pozycji a w innym na 15. Sytuacja taka miała miejsce także dla województwa podkarpackiego. Graficznie pozycje województw, w każdym z wyznaczonych rankingów zaprezentowano na rysunku 1.

Tabela 2.

Pozycje województw Polski ze względu na stan gospodarki odpadami na 31.XII.2012 r. uzyskane z wykorzystaniem wybranych procedur porządkowania liniowego

Województwo	A – Metoda bezwzorcowa z formułą normującą:				B – Metoda wzorcowa		
	standaryzacja	unitaryzacja zerowana	metoda D. Strahl	metoda E. Nowaka	Z. Hellwiga	TOPSIS	Pozycyjna
	$p(q)$						
	1	2	3	4	5	6	7
dolnośląskie	3	4	5	4	3	4	5
kujawsko-pomorskie	7	7	6	7	6	7	7
lubelskie	9	9	9	9	10	8	11
lubuskie	12	12	13	13	13	10	15
łódzkie	10	10	10	10	9	11	9
małopolskie	5	5	4	2	2	5	4
mazowieckie	1	1	1	1	1	1	1
opolskie	11	11	11	12	11	12	12
podkarpackie	14	13	12	11	12	15	10
podlaskie	13	14	14	15	14	13	14
pomorskie	8	8	8	8	8	9	8
śląskie	4	3	2	3	5	2	3
świętokrzyskie	16	16	16	16	16	16	16
warmińsko-mazurskie	15	15	15	14	15	14	13
wielkopolskie	2	2	3	5	4	3	2
zachodniopomorskie	6	6	7	6	7	6	6

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Kukuła (2014).



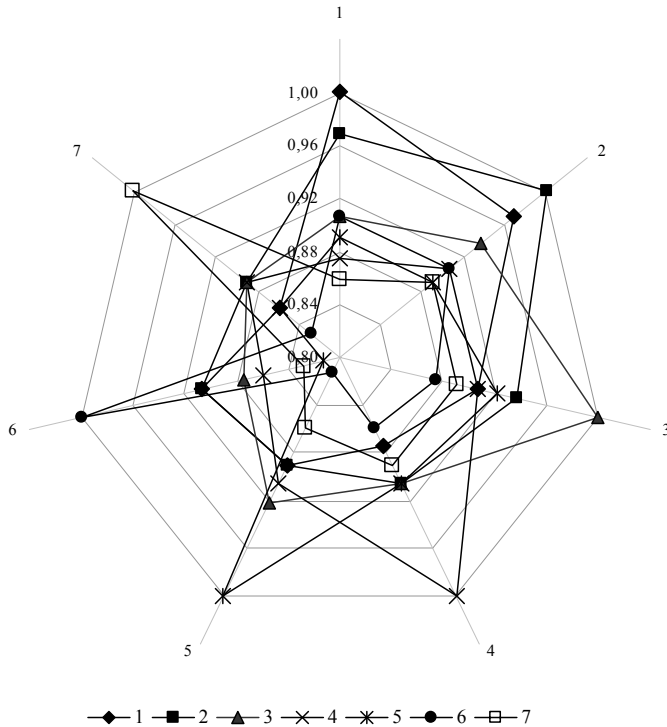
Rysunek 1. Pozycje województw Polski ze względu na stan gospodarki odpadami na 31.XII.2012 r. uzyskane z wykorzystaniem wybranych procedur porządkowania liniowego. Oznaczenie zgodne z tabelą 2.

Źródło: opracowanie własne na podstawie tabeli 2.

Dla każdej pary układów porządkowych przedstawionych w tabeli 2 oszacowano wartość miary m_{pq} . Wszystkie wyliczone wartości m_{pq} zapisano w macierzy M , w której numer wiersza (kolumny) odpowiada metodzie o przyjętym w tabeli 2 oznaczeniu:

$$M = \begin{bmatrix} 1,000 & 0,969 & 0,906 & 0,875 & 0,891 & 0,906 & 0,859 \\ & 1,000 & 0,938 & 0,906 & 0,891 & 0,906 & 0,891 \\ & & 1,000 & 0,906 & 0,922 & 0,875 & 0,891 \\ & & & 1,000 & 0,906 & 0,859 & 0,891 \\ & & & & 1,000 & 0,813 & 0,859 \\ & & & & & 1,000 & 0,828 \\ & & & & & & 1,000 \end{bmatrix}$$

W szczególności z rysunku 2 odczytamy dla każdego rozpatrywanego wariantu metody porządkowania liniowego wariant mu najbliższy.



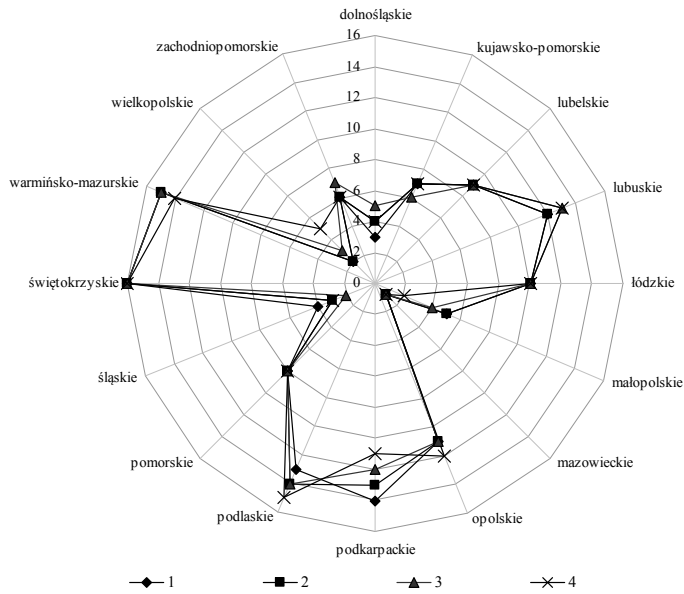
Rysunek 2. Wartości miary m_{pq} dla każdego układu porządkowego p . Oznaczenie zgodne z tabelą 2.
 Źródło: opracowanie własne na podstawie macierzy M .

Wektor wartości proponowanej miary podobieństwa to:

$$[\bar{u}_p]_{p=1,\dots,7} = [0,901 \ 0,917 \ 0,906 \ 0,891 \ 0,880 \ 0,865 \ 0,870],$$

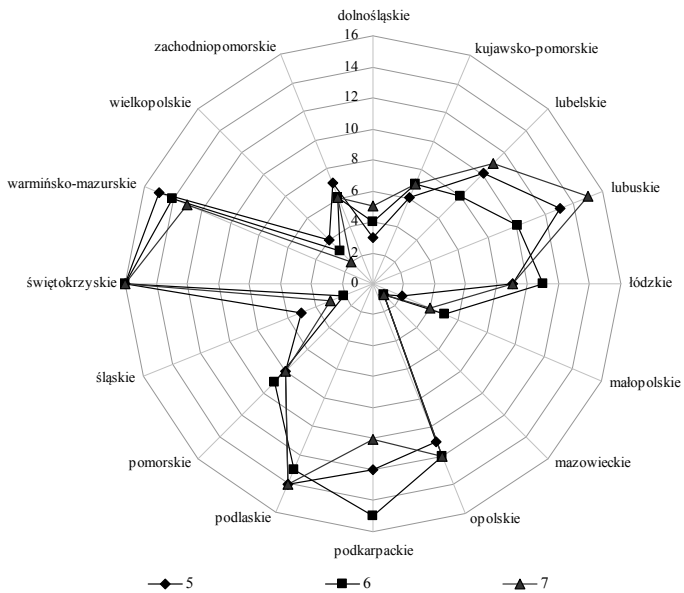
gdzie element wiersza odpowiada średniej wartości sum elementów wiersza (lub kolumny) pomniejszonej o jeden macierzy M . Informuje on nas o stopniu podobieństwa rankingu uzyskanego w wyniku zastosowania p metody porządkowania liniowego w stosunku do pozostałych rozważonych rankingów.

Dokonano rangowania jedną metodą bezwzorcową, dla której wykorzystano cztery warianty normowania i trzema metodami wzorcowymi. W wyniku takiego postępowania uzyskano siedem rankingów (rysunki 3 i 4). W rozpatrywanym przykładzie ranking województw uzyskany na podstawie zmiennej syntetycznej wyznaczonej jako średnia arytmetyczna sum znormalizowanych wartości metodą unitaryzacji zerowanej jest najbliższy w stosunku do wszystkim pozostałym rankingów.



Rysunek 3. Pozycje województw Polski ze względu na stan gospodarki odpadami na 31.XII.2012 r. uzyskane z wykorzystaniem bezwzorcowej metody porządkowania liniowego z uwzględnieniem wybranych formuł normujących. Oznaczenie zgodne z tabelą 2.

Źródło: opracowanie własne na podstawie tabeli 2.



Rysunek 4. Pozycje województw Polski ze względu na stan gospodarki odpadami na 31.XII.2012 r. uzyskane z wykorzystaniem wzorcowych metod porządkowania liniowego. Oznaczenie zgodne z tabelą 2.

Źródło: opracowanie własne na podstawie tabeli 2.

5. UWAGI KOŃCOWE

Dylemat związany z wyborem odpowiedniej procedury porządkowania liniowego pozostaje w dużej mierze w gestii prowadzącego konkretne badania empiryczne. W większości przypadków spotkanych w pracach wybór następuje w sposób arbitralny. Wydaje się, iż pierwszym czynnikiem liczącym się przy podjęciu decyzji „którą metodę” są własności metody w konfrontacji z celami, jakie stawia przed sobą badacz. Czy istnieją rzeczywiste przesłanki by premiować wysokie wartości zmiennej diagnostycznej a relatywnie obniżać wartościowanie niskiej wartości tejże zmiennej? Czy też może odwrotnie. Jeżeli tak to należy brać pod uwagę nieliniowe progresywne lub degresywne sposoby wartościowania danej cechy. Jedną z takich procedur znajdziemy w pracy Kukuła (2000). W żadnym jednak wypadku biorąc pod uwagę finalny cel badań – ranking obiektów – nie powinno się stosować metod niwelujących wartości odstające cech diagnostycznych. Z poglądem o konieczności niwelowania wartości odstających można spotkać się w artykule Bąk, Szczecińska (2014). W rankingu bowiem wysoka (odstająca) wartość określonej cechy przypisanej danemu obiektowi będącej stymulantą wymiennie premiuje ten obiekt. Odwrotnie niska, odstająca wartość określonej cechy przypisanej danemu obiektowi odpowiednio nisko będzie wartościować tenże obiekt. Metody pozwalające na niwelowanie wartości odstających zmiennych diagnostycznych zniekształcają rzeczywisty obraz rozkładu przestrzennego badanego zjawiska złożonego mając wpływ na układ porządkowy rozpatrywanych obiektów.

Może się jednak zdarzyć, iż istnieje kilka metod porządkowania liniowego, które spełniają wymogi badacza problemu. Wówczas staje on przed zadaniem dokonania wyboru metody. Proponowana przez nas procedura stanowi, jak się wydaje, pomocne narzędzie wyboru metody porządkowania liniowego obiektów.

Również propozycja wykorzystania miary m_{pq} służącej ustaleniu stopnia podobieństwa międzyrankingowego może zastąpić współczynnik korelacji rang Spearmana (r_s) często stosowany do porównań układów porządkowych. Proponowana miara m_{pq} ma tę pożądaną własność w badaniach statystycznych, iż przyjmuje wartości z obustronnie domkniętego przedziału od zera do jednego. Współczynnik r_s zawiera swe wartości w przedziale $[-1,1]$.

Wyniki badań symulacyjnych jakie wykonano na kilku innych przykładach wskazują, że nie ma metody uniwersalnej. Pragniemy podkreślić, że wybór metody porządkowania z wykorzystaniem proponowanej procedury zależy oczywiście od wyjściowego zestawu metod porządkowania. Zatem w każdej konkretnej sytuacji badawczej możemy uzyskać inne wskazanie co do metody porządkowania. Niemniej wstępne wyniki badań eksperymentalnych pozwalają zauważyć, iż wskazanie na niektóre metody porządkowania pojawiają się częściej zaś inne stosunkowo rzadko lub wcale.

Uważamy, że przy wyborze metody porządkowania liniowego w badaniach, należy wziąć pod uwagę dwa postulaty:

- zrealizować wybór dostosowując metodę pod kątem wykorzystania jej własności, charakteru zmiennych diagnostycznych, skali pomiaru zmiennych,
- wybrać metodę, która daje najbliższe wyniki końcowe względem pozostałych metod.

LITERATURA

- Bartosiewicz S., (1976), Propozycja metody tworzenia zmiennych syntetycznych, *Zeszyty Naukowe AE we Wrocławiu*, 84, 5–7.
- Bąk I., Szczecińska B., (2014), Analiza atrakcyjności turystycznej miast wojewódzkich, *Wiadomości Statystyczne*, (12), 80–95.
- Borys T., (1978), Metody normowania cech w statystycznych badaniach porównawczych, *Przegląd Statystyczny*, (2), 227–239.
- Grabiński T., (1984), *Wielowymiarowa analiza porównawcza w badaniach dynamiki zjawisk ekonomicznych*, Zeszyty Naukowe AE w Krakowie, Seria specjalna: Monografie, 61, Kraków.
- Grabiński T., (1984), *Wielowymiarowa analiza porównawcza w badaniach dynamiki zjawisk ekonomicznych*, Zeszyty Naukowe AE w Krakowie, Seria specjalna: Monografie, 61, Kraków.
- Grabiński T., (1992), *Metody aksonometrii*, Wydawnictwo AE, Kraków
- Hellwig Z., (1968), Zastosowanie metody taksonomicznej do typologicznego podziału krajów ze względu na poziom ich rozwoju oraz zasoby i strukturę wykwalifikowanych kadr, *Przegląd Statystyczny*, (4), 307–327.
- Hwang C. L., Yoon K., (1981), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer Verlag.
- Kukula K., (1989), *Statystyczna analiza strukturalna i jej zastosowanie w sferze usług produkcyjnych dla rolnictwa*, Zeszyty Naukowe AE w Krakowie, Seria specjalna: Monografie, 89, Kraków.
- Kukula K., (2000), *Metoda unitaryzacji zerowanej*, PWN, Warszawa.
- Kukula K., (2014), Regionalne zróżnicowanie stopnia zanieczyszczenia środowiska w Polsce a gospodarka odpadami, w: Piekutowska A., Rolnik-Sadowska E., (red.), *Wybrane problemy zarządzania rozwojem regionalnym, Przedsiębiorczość i Zarządzania*, Wydawnictwo SAN, t. XV, 8, część I, 183–198.
- Lira J., Wagner W., Wysocki F., (2002), Mediana w zagadnieniach porządkowania obiektów wielocechowych, w: Paradyś J. (red.), *Statystyka regionalna w służbie samorządu lokalnego i biznesu*, Internetowa Oficyna Wydawnicza Centrum Statystyki Regionalnej, AE w Poznaniu, 87–99.
- Młodak A., (2006), *Analiza Taksonomiczna w statystyce regionalnej*, Difin, Warszawa.
- Młodak A., (2010), Imputacja danych w spisach powszechnych, *Wiadomości Statystyczne*, (8), 7–23.
- Nowak E., (1977), Syntetyczne mierniki plonów w krajach europejskich, *Wiadomości Statystyczne*, (10), 19–22.
- Pawełek B., (2008), *Metody normalizacji zmiennych w badaniach porównawczych złożonych zjawisk ekonomicznych*, Zeszyty Naukowe UEK, Seria specjalna: Monografie, 187, Kraków.
- Panek T., (2009), *Statystyczne metody wielowymiarowej analizy porównawczej*, SGH, Oficyna Wydawnicza, Warszawa.
- Perkal J., (1953), O wskaźnikach antropologicznych, *Przegląd Antropologiczny*, 19, Polskie Towarzystwo Antropologiczne i Polskie Zakłady Antropologii, Poznań, 209–219.
- Pluta W., (1977), *Wielowymiarowa analiza porównawcza w badaniach ekonomicznych*, PWE, Warszawa.
- Strahl D., (1978), Propozycja konstrukcji miary syntetycznej, *Przegląd Statystyczny*, (2), 205–215.
- Walesiak M., (2014), Przegląd formuł normalizacji wartości zmiennych oraz ich własności w statystycznej analizie wielowymiarowej, *Przegląd Statystyczny*, (4), 363–372.
- Wesołowski W. J., (1975), *Programowanie nowej techniki*, PWN, Warszawa.

PROPOZYCJA PROCEDURY WSPOMAGAJĄCEJ WYBÓR METODY
PORZĄDKOWANIA LINIOWEGO

S t r e s z c z e n i e

W opracowaniu podjęto zagadnienie wyboru metody porządkowania liniowego. Badania stanu gospodarki odpadami w województwach Polski w 2012 r. pokazały, że wybór procedury konstrukcji zmiennej syntetycznej wpływa na ranking badanych obiektów. Autorzy zaproponowali w artykule procedurę wspomagającą wybór metody porządkowania liniowego bazującą na mierze porównań międzyrankingowych (Kukuła, 1989). Wybór metody porządkowania z wykorzystaniem proponowanej procedury zależy oczywiście w dużej mierze od wyjściowego zestawu procedur porządkowania. Wyniki badań wskazują, że nie ma metody uniwersalnej.

Słowa kluczowe: metoda porządkowania liniowego, zmienna syntetyczna, ranking obiektów

THE PROPOSAL FOR THE PROCEDURE SUPPORTING SELECTION
OF A LINEAR ORDERING METHOD

A b s t r a c t

In this paper there was analyzed the issue of the selection of linear ordering method based on synthetic variable. The research of the status of waste management in Polish voivodeships in 2012 showed that selection procedures for the construction of synthetic variable affects the ranking of the objects under investigation. In the paper authors proposed a method supporting decision to select linear ordering procedure based on between ranking linear comparison measure (Kukuła, 1989). The choice of ordering methods with the use of the proposed procedure, of course, depends largely on the output of the set of ordering procedures. The test results indicate that there is no universal method.

Keywords: linear ordering, synthetic variable, ranking of objects