

*Iwona Bąk<sup>1</sup>, Beata Szczecińska<sup>2</sup>*

## **PRZESTRZENNE ZRÓŻNICOWANIE WOJEWÓDZTW POLSKI POD WZGLĘDEM JAKOŚCI ŚRODOWISKA NATURALNEGO**

### **SPATIAL DIVERSITY OF VOIVODESHIPS IN POLAND IN TERMS OF QUALITY OF NATURAL ENVIRONMENT**

<sup>1</sup>Katedra Zastosowań Matematyki w Ekonomii, ZUT w Szczecinie  
ul. Klemensa Janickiego 31, 71-270 Szczecin, e-mail: iwona.bak@zut.edu.pl

<sup>2</sup>Katedra Analizy Systemowej i Finansów, ZUT w Szczecinie  
ul. Klemensa Janickiego 31, 71-270 Szczecin, e-mail: beata.szczecinska@zut.edu.pl

**Summary.** The main goal of the article was to analyze the spatial diversity of the quality of natural environment of the polish voivodships in 2012. In the study were used indicators of the attractiveness of the environment and its pollution. In selection of diagnostic variables was used Hellwig parametric method, based on the matrix of correlation coefficients. On the basis of a set of diagnostic variables, was made linear ordering of voivodships, using classical taxonomic and positional meters. In addition, the effectiveness of groupings was verified by calculation of the ratios of homogeneity, heterogeneity and clustering accuracy using Weber's median.

**Słowa kluczowe:** jakość grupowań, środowisko naturalne, wielowymiarowa analiza porównawcza.  
**Key words:** multidimensional comparative analysis, natural environment, quality of groupings.

#### **WSTĘP**

Podstawę działalności gospodarczej stanowią zasoby środowiska naturalnego, które są wypadkową trzech podstawowych komponentów: powierzchni ziemi, zasobów wodnych i powietrza atmosferycznego. O użyteczności tych zasobów dla człowieka decyduje zarówno ich ilość, jak i jakość, które z jednej strony określone są przez naturę, a z drugiej zależą od samego człowieka. Bezpośrednią przyczyną zmniejszania ilości zasobów jest ich wykorzystanie w charakterze nakładów w procesach gospodarczych, natomiast pogarszanie jakości zasobów jest najczęściej spowodowane ubocznymi skutkami procesów gospodarczych. Wśród głównych zagrożeń środowiska, powodowanych działalnością człowieka, wymienić należy (Korol 2007):

- zanieczyszczenia gazowe i pyłowe powietrza, powodowane szczególnie działalnością przemysłową i rozwojem transportu drogowego;
- zanieczyszczenia gleby, powodowane odpadami komunalnymi i przemysłowymi oraz stosowaniem chemicznych środków działalności rolniczej;
- zanieczyszczenia wody, powodowane przez ścieki komunalne i przemysłowe;
- hałas, wibracje i wstrząsy, powodowane działalnością przemysłową i rozwojem transportu drogowego.

Wymienione zagrożenia negatywnie oddziałują na zasoby przyrody żywej, a także na warunki życia i zdrowie ludności. Rozwój regionów wymaga nie tylko racjonalnego gospodarowania zasobami środowiska, ale także działań na rzecz ich ochrony. Rzetelna wiedza o stanie środowiska przyrodniczego i zmianach w nim zachodzących jest niezbędna do podejmowania optymalnych decyzji, które mogą dotyczyć np. przeznaczenia gruntów, lokalizacji wszelkiego rodzaju zakładów czy też – w szerszym zakresie – restrukturyzacji przemysłu w regionie, np. województwie lub gminie<sup>1</sup>.

Celem artykułu jest analiza przestrzennego zróżnicowania jakości środowiska naturalnego w województwach Polski w 2012 roku. Jakość środowiska naturalnego jest punktem wyjścia diagnozy stanu, ponieważ warunkuje możliwość korzystania z zasobów oraz często stanowi problem dla ochrony walorów przyrodniczych. Aby zrealizować postawiony cel, przeprowadzono porządkowanie i grupowanie województw z wykorzystaniem taksonomicznego miernika rozwoju zarówno w podejściu klasycznym, jak i pozycyjnym. Ponadto zweryfikowano skuteczność grupowań, obliczając wskaźniki homogeniczności, heterogeniczności i poprawności skupień według koncepcji uwzględniającej medianę Webera.

## MATERIAŁ BADAWCZY I METODA

Z uwagi na dostępność danych statystycznych do badania dobrano wstępnie 32 cechy diagnostyczne charakteryzujące środowisko naturalne (Roczniki Statystyczne Województw. Podregiony, Powiaty, Gminy 2013):

$X_1$  – udział użytków rolnych w powierzchni ogółem,

$X_2$  – udział gruntów leśnych oraz zadrzewionych i zakrzewionych w powierzchni ogółem,

$X_3$  – udział gruntów pod wodami w powierzchni ogółem,

$X_4$  – udział gruntów zabudowanych i zurbanizowanych w powierzchni ogółem,

$X_5$  – udział użytków ekologicznych w powierzchni ogółem,

$X_6$  – udział nieużytków w powierzchni ogółem,

$X_7$  – pobór wody ogółem w  $\text{dam}^3$  na  $1 \text{ km}^2$ ,

$X_8$  – zużycie wody na potrzeby gospodarki narodowej i ludności w  $\text{hm}^3$  na 1000 ludności,

$X_9$  – ścieki odprowadzone w  $\text{hm}^3$  na  $1 \text{ km}^2$ ,

$X_{10}$  – ścieki przemysłowe i komunalne nieoczyszczane w  $\text{dam}^3$  na  $1 \text{ km}^2$ ,

$X_{11}$  – ludność korzystająca z oczyszczalni ścieków w % ogólnej liczby ludności,

$X_{12}$  – emisja zanieczyszczeń pyłowych w tys. t na  $100 \text{ km}^2$ ,

$X_{13}$  – emisja zanieczyszczeń gazowych (bez  $\text{CO}_2$ ) w tys. t na  $100 \text{ km}^2$ ,

$X_{14}$  – zanieczyszczenia pyłowe zatrzymane w urządzeniach do redukcji zanieczyszczeń w % zanieczyszczeń wytworzonych,

$X_{15}$  – zanieczyszczenia gazowe zatrzymane w urządzeniach do redukcji zanieczyszczeń w % zanieczyszczeń wytworzonych,

$X_{16}$  – odpady wytworzone w ciągu roku w tys. t na  $1 \text{ km}^2$ ,

$X_{17}$  – odpady komunalne w kg na jednego mieszkańca,

<sup>1</sup> Por. (Bąk, Sompolska-Rzechuła 2005).

- $X_{18}$  – powierzchnia lasów ochronnych w % powierzchni lasów,  
 $X_{19}$  – powierzchnia o szczególnych walorach przyrodniczych prawnie chroniona w % powierzchni ogólnej,  
 $X_{20}$  – pomniki przyrody na 1 km<sup>2</sup>,  
 $X_{21}$  – nakłady na środki trwałe służące ochronie środowiska w zł na jednego mieszkańca,  
 $X_{22}$  – nakłady na środki trwałe służące gospodarce wodnej w zł na jednego mieszkańca,  
 $X_{23}$  – lesistość w %,  
 $X_{24}$  – tereny zieleni ogólnodostępnej i osiedlowej w m<sup>2</sup> na jednego mieszkańca,  
 $X_{25}$  – parki spacerowo-wypoczynkowe w m<sup>2</sup> na jednego mieszkańca,  
 $X_{26}$  – zieleńce w m<sup>2</sup> na jednego mieszkańca,  
 $X_{27}$  – tereny zieleni osiedlowej w m<sup>2</sup> na jednego mieszkańca,  
 $X_{28}$  – zieleń uliczna w m<sup>2</sup> na jednego mieszkańca,  
 $X_{29}$  – zużycie energii elektrycznej w kWh na jednego mieszkańca,  
 $X_{30}$  – zużycie wody w gospodarstwach domowych w hm<sup>3</sup> na 1000 ludności,  
 $X_{31}$  – zużycie gazu w sieci w hm<sup>3</sup> na 1000 ludności,  
 $X_{32}$  – sprzedaż energii cieplnej w TJ na 1000 ludności.

Wyżej wymieniony zbiór potencjalnych cech diagnostycznych ustalony na podstawie kryteriów merytoryczno-formalnych podlega następnie weryfikacji ze względu na wartość informacyjną cech. Weryfikacja ta odbywa się za pomocą procedur statystycznych biorących pod uwagę dwa podstawowe kryteria:

- zdolność dyskryminacyjną cech, czyli ich zmienność względem badanych obiektów,
- pojemność (potencjał informacyjny) cech, czyli stopień ich skorelowania z innymi cechami (Panek 2009).

Do analizy zmienności cech wykorzystano klasyczny współczynnik zmienności obliczany według formuły:

$$V_j = \frac{S_j}{\bar{X}_j}, \quad (1)$$

gdzie:

$\bar{X}_j$  – średnia arytmetyczna wartości zmiennej  $X_j$ ,

$S_j$  – odchylenie standardowe  $j$ -tej cechy,

$j = 1, 2, \dots, m$ ,

$m$  – liczba zmiennych.

Ze zbioru potencjalnych cech diagnostycznych eliminuje się te, dla których wartość współczynnika zmienności jest nie większa od pewnej arbitralnie ustalonej małej wartości progowej.

W celu określenia pojemności informacyjnej cech wyznacza się współczynniki korelacji pomiędzy nimi. Do ostatecznego zbioru cech diagnostycznych nie wchodzi te, które są ze sobą silnie skorelowane, a więc powielają informacje o porównywanych obiektach. Jedną z najczęściej stosowanych w praktyce metod dyskryminacji cech bazujących na macierzy współczynników korelacji jest metoda parametryczna, zaproponowana przez Z. Hellwiga (Nowak 1990). Punktem wyjścia w tej metodzie jest macierz  $\mathbf{R}$  współczynników korelacji

między potencjalnymi cechami diagnostycznymi. Kryterium klasyfikacji jest parametr  $r^*$  zwany także krytyczną wartością współczynnika korelacji, taki że  $0 < r^* < 1$ . Wartość  $r^*$  może być obierana przez badacza lub wyznaczana w sposób formalny.

Algorytm znajdowania skupień cech z parametrem  $r^*$  jest następujący:

1) w macierzy korelacji  $\mathbf{R}$  znajduje się sumę elementów każdej kolumny (każdego wiersza):

$$\mathbf{R}_1 = \sum_{k=1}^L |r_{kl}|; \quad (2)$$

2) wyszukuje się kolumnę o numerze  $p$ , dla której:

$$\mathbf{R}_1 = \max_i \{R_i\}; \quad (3)$$

3) w danej kolumnie wyróżnia się elementy  $r_{qp}$  spełniające nierówność:

$$r_{qp} \geq r^* \quad (4)$$

i odpowiadające tym elementom wiersze; cechę odpowiadającą wyróżnionej kolumnie uważa się za pierwszą cechę centralną, a cechy odpowiadające wyróżnionym wierszom – za jej cechy satelitarne; tworzą one podzbiór potencjalnych cech dopuszczalnych (tzw. skupienie),

4) z macierzy  $\mathbf{R}$  skreśla się wyróżnione kolumny i wiersze, otrzymując tzw. zredukowaną macierz korelacji;

5) postępowanie opisane w punktach 1–4 powtarza się, otrzymując dalsze skupienia i nową zredukowaną macierz korelacji, oraz kontynuuje dalszą procedurę aż do momentu wyczerpania zbioru cech<sup>2</sup>.

Otrzymany za pomocą tej metody zbiór cech stanowił podstawę klasyfikacji województw pod względem jakości środowiska naturalnego, której dokonano za pomocą zmiennej syntetycznej. Procedury wyznaczania tej zmiennej można podzielić na wzorcowe i bezwzorcowe. W opracowaniu do budowy taksonomicznego miernika rozwoju zastosowano metodę wzorcową, w podejściu zarówno klasycznym, jak i pozycyjnym, wykorzystującym medianę Webera. Klasyczny miernik rozwoju oparty jest na zestandaryzowanych wartościach  $z_{ij}$  cech diagnostycznych, a więc (Nowak 1990):

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j}, \quad (i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m). \quad (5)$$

Następnie wyznacza się odległości każdego obiektu badania od ustalonego wzorca rozwoju o postaci:

$$d_i = \sum_{j=1}^m |z_{ij} - \phi_j|, \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (6)$$

przy czym dla symulant  $\phi_j = \max_{i=1, 2, \dots, n} z_{ij}$ , a dla destymulant  $\phi_j = \min_{i=1, 2, \dots, n} z_{ij}$ .

Syntetyczny miernik rozwoju wyznacza się według wzoru:

$$z_i = 1 - \frac{d_i}{d_-}, \quad (7)$$

gdzie:

$d_- = \bar{d} + 2S_d$  ( $\bar{d}$  – średnia arytmetyczna współrzędnych wektora odległości  $\mathbf{d}$ , zaś  $S_d$  – ich odchylenie standardowe).

<sup>2</sup> Por. (Nowak 1990, Panek 2009).

Wariant pozycyjny przyjmuje odmienną formułę standaryzacyjną w porównaniu z podejściem klasycznym, opartą na ilorazie odchylenia wartości cechy od odpowiedniej współrzędnej mediany Webera i ważonego medianowego odchylenia bezwzględnego z zastosowaniem mediany Webera (Młodak 2006):

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \theta_{0j}}{1,4826 \cdot m\tilde{a}d(X_j)}, \quad (8)$$

gdzie:

$\theta_0 = (\theta_{01}, \theta_{02}, \dots, \theta_{0m})$  jest medianą Webera,  $m\tilde{a}d(X_j)$  to medianowe odchylenie bezwzględne, w którym bada się dystans cech do wektora Webera, tzn.:  $m\tilde{a}d(X_j) = \mathit{med}_{i=1,2,\dots,n} |x_{ij} - \theta_{0j}|$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ). Miernik agregatowy wyznacza się według wzoru:

$$\mu_i = 1 - \frac{d_i}{d_-}, \quad (9)$$

gdzie:

$d_- = \mathit{med}(\mathbf{d}) + 2,5 \mathit{mad}(\mathbf{d})$ , przy czym  $\mathbf{d} = (d_1, d_2, \dots, d_n)$  jest wektorem odległości wyznaczonym według wzoru:  $d_i = \mathit{med}_{j=1,2,\dots,m} |z_{ij} - \phi_j|$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $\phi_j = \max_{i=1,2,\dots,n} z_{ij}$  – współrzędne wektora wzorca rozwoju, którymi są maksymalne wartości znormalizowanych cech.

Uporządkowania obiektów za pomocą miernika klasycznego stanowią podstawę do grupowania obiektów na cztery klasy. Stosowana najczęściej metoda grupowania w ujęciu klasycznym nosi nazwę *metody trzech średnich* (Nowak 1990). Polega ona na wyznaczeniu średniej arytmetycznej wartości miernika  $z_i$  ( $z_i = z_1, z_2, \dots, z_n$ ), którą oznaczamy przez  $\bar{z}$ , a następnie podzieleniu zbiorowości obiektów na dwie grupy:  $n_1$ , dla których wartości miernika przekraczają średnią ( $z_i > \bar{z}$ ) oraz  $n_2$  spełniające nierówność  $z_i \leq \bar{z}$ . Następnie definiuje się

średnie pośrednie jako:  $\bar{z}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} z_i$  oraz  $\bar{z}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} z_i$ .

Wówczas tworzy się następujące klasy obiektów:

- I grupa:  $z_i > \bar{z}_2$ ,
- II grupa:  $\bar{z} < z_i \leq \bar{z}_2$ ,
- III grupa:  $\bar{z}_1 < z_i \leq \bar{z}$ ,
- IV grupa:  $z_i \leq \bar{z}_1$ .

Pozycyjny odpowiednik *metody trzech średnich* stanowi *metoda trzech median*, w której wartości miernika taksonomicznego porównuje się z odpowiednimi medianami (Młodak 2006).

Do oceny jakości analizy taksonomicznej wykorzystano mierniki homogeniczności, heterogeniczności oraz poprawności skupień wykorzystujące koncepcję środka ciężkości grupy i odległości od niej. Mierniki te głównie mierzą zwartość grupy lub jej odrębność. Grupa jest bardziej zwarta, jeśli obiekty w danej grupie leżą blisko siebie (są jak najbardziej do siebie podobne – homogeniczne), a odrębna, jeśli obiekty w tej grupie wyraźnie się różnią od pozostałych (Kolenda 2006). W pracy wykorzystano podejście, w którym środek ciężkości danej grupy zastąpiony został medianą Webera jej elementów. W ocenie homogeniczności otrzymanych grup wykorzystano następujący miernik (Młodak 2006):

$$hm_6^* mx = \max_{k=1,2,\dots,p} hm_6^*(P_k), \quad (10)$$

gdzie:

$hm_6^*(P_k) = med_{i:\Gamma_i \in P_k} \delta(\Gamma_i, \Gamma_{\theta k})$  to mediana odległości obiektów grupy  $P_k$  od jej wektora

medianowego Webera,

$\Gamma_{\theta k} = (\theta_{1P_k}, \theta_{2P_k}, \dots, \theta_{mP_k})$  – wektor medianowy Webera wyznaczony dla grupy  $P_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, p$ ,

$p$  – liczba skupień otrzymanych na danym poziomie grupowania.

Natomiast w ocenie heterogeniczności zastosowano miernik:

$$ht_6^* mn = \min_{k=1,2,\dots,p} ht_6^*(P_k), \quad (11)$$

gdzie:

$ht_6^*(P_k) = med_{\substack{i=1,\dots,p \\ i \neq k}} \delta(\Gamma_i, \Gamma_{\theta k})$  – mediana odległości pomiędzy medianą Webera danej grupy

z analogicznymi wektorami dla pozostałych grup.

W ocenie poprawności grupowania wykorzystano kompleksowy miernik o postaci:

$$ct_6^* = \frac{hm_6^* mx}{ht_6^* mn}. \quad (12)$$

## WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

W pierwszym kroku badania przeprowadzono weryfikację potencjalnego zbioru cech diagnostycznych z wykorzystaniem współczynnika zmienności. Okazało się, że tylko jedna cecha – zanieczyszczenia pyłowe zatrzymane w urządzeniach do redukcji zanieczyszczeń w % zanieczyszczeń wytworzonych ( $X_{14}$ ) – słabo może dyskryminować badane obiekty, ponieważ charakteryzuje się niskim zróżnicowaniem (poniżej 10%) i dlatego została wyeliminowana z dalszej analizy.

Zastosowanie metody parametrycznej Hellwiga pozwoliło na ustalenie ostatecznej listy cech diagnostycznych, będącej podstawą dalszej analizy porównawczej. W tym celu wyznaczono macierze współczynników korelacji między potencjalnymi cechami diagnostycznymi, a następnie wyznaczono cechy centralne i izolowane. W ten sposób do dalszej analizy zaklasyfikowano następujące cechy:  $X_1$ ,  $X_5$ ,  $X_6$ ,  $X_7$ ,  $X_{10}$ ,  $X_{17}$ ,  $X_{21}$ ,  $X_{22}$ ,  $X_{29}$ ,  $X_{32}$ . W zbiorze tym znajdują się wielkości, których większe wartości świadczą o lepszej jakości środowiska naturalnego (stymulanty) oraz takie (destymulanty), których pożądany jest ich niższy poziom (Balicki 2009). Do zbioru stymulant zaliczono cztery cechy: udział użytków rolnych w powierzchni ogółem ( $X_1$ ), udział użytków ekologicznych w powierzchni ogółem ( $X_5$ ), nakłady na środki trwałe służące ochronie środowiska w zł na jednego mieszkańca ( $X_{21}$ ) oraz nakłady na środki trwałe służące gospodarce wodnej w zł na jednego mieszkańca ( $X_{22}$ ).

Na podstawie otrzymanego zbioru cech diagnostycznych dokonano liniowego porządkowania województw, wykorzystując klasyczny i pozycyjny miernik taksonomiczny. W tabeli 1 zaprezentowano ranking województw pod względem jakości środowiska naturalnego, uzyskany za pomocą obu mierników.

Tabela 1. Porównanie rezultatów klasycznej i pozycyjnej taksonomicznej analizy zróżnicowania jakości środowiska naturalnego w województwach Polski w 2012 roku

Województwa	Metoda klasyczna			Metoda pozycyjna		
	wartość miernika	lokata	grupa	wartość miernika	lokata	grupa
Dolnośląskie	0,3929	6	II	0,5887	5	II
Kujawsko-pomorskie	0,4469	5	I	0,5643	6	II
Lubelskie	0,5525	1	I	0,8082	2	I
Lubuskie	0,3568	8	II	0,6514	4	I
Łódzkie	0,3610	7	II	0,2401	14	IV
Małopolskie	0,3488	9	II	0,5599	7	II
Mazowieckie	0,0202	15	IV	-0,0955	16	IV
Opolskie	0,4926	3	I	0,4987	8	II
Podkarpackie	0,5189	2	I	0,7781	3	I
Podlaskie	0,3111	10	III	0,3266	11	III
Pomorskie	0,2220	13	III	0,2699	12	III
Śląskie	-0,0361	16	IV	0,0767	15	IV
Świętokrzyskie	0,4525	4	I	0,8467	1	I
Warmińsko-mazurskie	0,3092	11	III	0,2606	13	IV
Wielkopolskie	0,2995	12	III	0,3855	9	III
Zachodniopomorskie	0,1489	14	IV	0,3571	10	III

Źródło: obliczenia własne.

Jak wynika z tabeli 1 uszeregowania województw przy zastosowaniu różnych metod nie są jednakowe, a w niektórych przypadkach różnią się dość znacznie. W celu stwierdzenia, czy występują zgodności uporządkowania badanych obiektów przy zastosowaniu omawianych metod, wyznaczono współczynniki tau Kendalla<sup>3</sup>. Obliczona jego wartość, wynosząca 0,6, świadczy o umiarkowanej zgodności liniowego porządkowania obiektów. Nie ma województw, które zajmowałyby takie same pozycje w obu rankingach. W przypadku siedmiu obiektów różnica wynosi tylko jedną pozycję, natomiast dla pozostałych waha się od dwóch do siedmiu miejsc. Największa rozbieżność dotyczy województwa łódzkiego, które w rankingu otrzymanym metodą klasyczną zajmuje siódme miejsce, a w rankingu otrzymanym metodą pozycyjną – miejsce czternaste.

Wykorzystując *metodę trzech średnich* i *trzech median* zbiorów województw podzielono na cztery grupy typologiczne, obejmujące obiekty podobne pod względem jakości środowiska naturalnego (tabela 2).

Tabela 2. Wyniki grupowania województw pod względem jakości środowiska naturalnego w 2012 roku

Grupy	Grupowanie metodą klasyczną	Grupowanie metodą pozycyjną
I	lubelskie, podkarpackie, opolskie, świętokrzyskie, kujawsko-pomorskie	świętokrzyskie, lubelskie, podkarpackie, lubuskie
II	dolnośląskie, łódzkie, lubuskie, małopolskie	dolnośląskie, kujawsko-pomorskie, małopolskie, opolskie
III	podlaskie, warmińsko-mazurskie, wielkopolskie, pomorskie	wielkopolskie, zachodniopomorskie, podlaskie, pomorskie
IV	zachodniopomorskie, mazowieckie, śląskie	warmińsko-mazurskie, łódzkie, śląskie, mazowieckie

Źródło: obliczenia własne.

<sup>3</sup> Współczynniki tau Kendalla przyjmują wartości z przedziału [-1, 1]. Im ich wartość jest bliższa 1, tym większa jest zgodność uporządkowań (Stanisz 2006).

Wydzielone grupy nieznacznie różnią się między sobą pod względem badanego zjawiska. Dziesięć województw Polski (62,5%), niezależnie od zastosowanej metody, należy do tych samych grup typologicznych. W przypadku pozostałych województw różnica pomiędzy dwoma różnymi klasyfikacjami tego samego obiektu nie przekraczała jednego skupienia. Wyjątek stanowi województwo łódzkie, które według miernika klasycznego znalazło się w drugiej grupie typologicznej, natomiast miernik pozycyjny sklasyfikował je do grupy czwartej (różnica dwóch grup). Aby określić skuteczność otrzymanych grupowań, zweryfikowano je, wyznaczając wskaźniki homogeniczności, heterogeniczności oraz poprawności skupień (tabela 3). Pożądana jest niższa wartość miernika homogeniczności, co świadczy o większej jednorodności grup obiektów oraz wyższa wartość miary heterogeniczności informująca o większej odrębności utworzonych grup. Ostatni z obliczonych mierników jest ilorazem dwóch wcześniejszych i dlatego większa poprawność grupowania występuje wtedy, gdy osiąga on niższą wartość.

Tabela 3. Mierniki oceny poprawności grupowania obiektów

Wskaźniki	Metoda klasyczna	Metoda pozycyjna
Homogeniczności skupień	5,2436	5,3603
Heterogeniczności skupień	4,7949	2,9469
Poprawności skupień	1,0936	1,8190

Źródło: obliczenia własne.

Analizując wyniki skuteczności grupowań, przedstawione w tabeli 3, można stwierdzić, że grupowanie obiektów na podstawie metody klasycznej dało lepsze rezultaty pod każdym względem, czyli zarówno homogeniczności, heterogeniczności, jak i poprawności grupowania, w porównaniu z metodą pozycyjną.

W klasyfikacji przeprowadzonej na podstawie taksonomicznego miernika rozwoju w wersji klasycznej w najlepszej pierwszej grupie znalazły się następujące województwa: lubelskie, podkarpackie, opolskie, świętokrzyskie i kujawsko-pomorskie. Charakteryzują się one korzystnymi wielkościami średnich, w porównaniu ze średnimi ogólnymi, odnoszących się do następujących cech: udziału użytków rolnych w powierzchni ogółem, nakładów na środki trwałe służące ochronie środowiska w zł na jednego mieszkańca, odpadów komunalnych w kg na jednego mieszkańca oraz zużycia energii elektrycznej w kWh na jednego mieszkańca.

Dobra sytuacja w drugiej grupie województw występuje w przypadku takich średnich wartości cech, jak: udział użytków ekologicznych w powierzchni ogółem, udział nieużytków w powierzchni ogółem, nakłady na środki trwałe służące gospodarce wodnej w zł na jednego mieszkańca. Do niekorzystnych wartości należą średnie dotyczące odpadów komunalnych w kg na jednego mieszkańca oraz zużycia energii elektrycznej w kWh na jednego mieszkańca.

Słaba jakość środowiska naturalnego województw wchodzących w skład grupy trzeciej wynika przede wszystkim z największego, w porównaniu ze średnim w kraju, udziału nieużytków w powierzchni ogółem. Pozytywny wpływ na badane zjawisko ma pobór wody ogółem w dam<sup>3</sup> na 1 km<sup>2</sup>.

Grupa czwarta to zbiór trzech województw, dla których większość cech przyjmuje niekorzystne wartości w porównaniu ze średnimi dla całego kraju. Negatywny wpływ na środowisko naturalne w tej klasie ma niska średnia wartość odnosząca się do: udziałów użytków rolnych



i ekologicznych w powierzchni ogółem oraz nakładów na środki trwałe służące gospodarce wodnej i ochronie środowiska w zł na jednego mieszkańca. Ponadto w klasie tej zaobserwowano najwyższe wartości dotyczące następujących cech: poboru wody ogółem w dam<sup>3</sup> na 1 km<sup>2</sup>, ilości odpadów wytworzonych na 1 km<sup>2</sup>, zużycia energii elektrycznej w kWh na jednego mieszkańca i sprzedaży energii w TJ na 1000 ludności.

## PODSUMOWANIE

Z poziomu obecnej wiedzy wynika, że nie bez znaczenia dla standardów życia nas samych, jak i następnych pokoleń, jest dbałość o środowisko naturalne we wszystkich przejawach aktywności człowieka. W siedliskach ludzkich, gdzie występuje znaczne zanieczyszczenie i degradacja otoczenia, na które nakładają się oddziaływania związane z codziennym stresem, pośpiechem, nerwowym trybem życia, wysokim stopniem zurbanizowania, zagęszczeniem zabudowy, patologiami społecznymi itd. powstają warunki o negatywnym wpływie na zdrowie oraz standard życia. Sprawą bardzo istotną jest podejmowanie działań, na różnych płaszczyznach, mających na celu zredukowanie wspomnianych zagrożeń cywilizacyjnych. Istnieje konieczność dokonywania zmian nie tylko w zakresie stosowanych w przemyśle technologii, rozwoju budownictwa, komunikacji, pozyskiwaniu energii itp., lecz również przeprowadzenia mentalnej rewolucji prowadzącej do zmian standardów życia w zgodzie ze środowiskiem naturalnym (Majerska-Pałubicka 2010).

Elementy środowiska naturalnego zajmują ważne miejsce w odczuwaniu jakości życia. Czyste powietrze, woda i gleba sprzyjają zdrowiu i zdrowemu wypoczynkowi. Dlatego dbałość o środowisko naturalne powinna stanowić jedno z głównych zadań zrównoważonego rozwoju regionów. We właściwym zdiagnozowaniu stanu środowiska znajdują zastosowanie metody porządkowania i klasyfikacji, dzięki którym możliwe jest określenie zróżnicowania obiektów, a także wyłonienie jednorodnych grup typologicznych pod względem analizowanego zjawiska.

Na podstawie przeprowadzonych w opracowaniu badań można stwierdzić, że województwa Polski wykazują zróżnicowanie przestrzenne pod względem jakości środowiska naturalnego. Zastosowanie taksonomicznego miernika rozwoju zarówno w ujęciu klasycznym, jak i pozytywnym, pozwoliło na uporządkowanie i ustalenie grup typologicznych badanych obiektów pod względem analizowanego zjawiska. Ocena efektywności zastosowanych metod grupowania obiektów wskazała, że lepsze rezultaty otrzymano, wykorzystując miernik w wersji klasycznej. Niemniej niezależnie od zastosowanej metody najwyższą jakością środowiska naturalnego charakteryzowały się trzy województwa: lubelskie, podkarpackie i świętokrzyskie. Natomiast najgorsze okazały się województwa mazowieckie i śląskie, w których degradacja środowiska naturalnego mogła być spowodowana nadmierną i nierozsądną jego eksploatacją. Należy jednak pamiętać, że wyniki analiz uzależnione są od przyjętych do badania cech diagnostycznych i mogą ulec zmianie przy zastosowaniu innego ich zestawu.

## PIŚMIENNICTWO

- Balicki A.** 2009. Statystyczna analiza wielowymiarowa i jej zastosowania społeczno-ekonomiczne. Gdańsk UG, 319.
- Bąk I., Sompolska-Rzechuła A.** 2005. Wielowymiarowa analiza porównawcza jakości środowiska naturalnego w ujęciu wojewódzkim. *Wiad. Stat.* 9, Warszawa, GUS, 51–61.

- Kolenda M.** 2006. Taksonomia numeryczna. Klasyfikacja, porządkowanie i analiza obiektów wielocechowych, Wrocław, Wydaw. AE we Wrocławiu, 110.
- Korol J.** 2007. Wskaźniki zrównoważonego rozwoju w modelowaniu procesów regionalnych. Toruń, Wydaw. Adam Marszałek, 31–32.
- Majerska-Pałubicka B.** 2010. Jakość środowiska mieszkaniowego w aspekcie jakości środowiska naturalnego na przykładach ekoosiedli, *Architec. Artib.* (3) 1/2010 Białystok, Wydaw. Politechnika Białostocka, 57.
- Młodak A.** 2006. Analiza taksonomiczna w statystyce regionalnej, Warszawa, Difin, 136–141.
- Nowak E.** 1990. Metody taksonomiczne w klasyfikacji obiektów społeczno-gospodarczych, Państw. Wydaw. Ekon., Warszawa, 8, 28–30, 88–93.
- Panek T.** 2009. Statystyczne metody wielowymiarowej analizy porównawczej. SGH w Warszawie – Oficyna Wydaw., 18–19, 21–22.
- Roczniki Statystyczne Województw. Podregiony, Powiaty, Gminy** 2013. US.
- Stanisz A.** 2006, Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. T. 1. Statystyki podstawowe, Kraków, Wydaw. StatSoft Polska, 313–314.