

WYBRANE PROBLEMY OCHRONY ŚRODOWISKA W POLSCE W ŚWIETLE WIELOWYMIAROWEJ ANALIZY PORÓWNAWCZEJ

Karol Kukuła

Katedra Statystyki Matematycznej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
e-mail: ksm@ur.krakow.pl

Streszczenie: W artykule dokonano analizy przestrzennej wybranych zagadnień związanych z ochroną środowiska, są to: przestrzenne zróżnicowanie kraju w zakresie stopnia zanieczyszczenia środowiska, przestrzenne zróżnicowanie kraju w zakresie podejmowanych działań proekologicznych, przestrzenne zróżnicowanie kraju w zakresie ponoszonych nakładów na środki trwałe służące ochronie środowiska, przestrzenne zróżnicowanie kraju w zakresie kształtowania się PKB/os. Wykorzystując metody z zakresu wielowymiarowej analizy porównawczej zbudowano rankingi wytypowanych zjawisk złożonych. Otrzymane rankingi poddano procedurze porównawczej za pomocą miary m_{pq} .

Słowa kluczowe: ochrona środowiska, ranking, wielowymiarowa analiza porównawcza, zmienne

WSTĘP

Od wielu lat prowadzone są dyskusje nad rozwojem cywilizacyjnym i jego niekoniecznie pozytywnym wpływie na środowisko naturalne. Postęp w zakresie technologii oraz wysokie tempo życia człowieka, wymuszające określone zachowania, powoduje wiele niekorzystnych zmian w jego otoczeniu. Kreowanie idei zrównoważonego rozwoju prowadzi do konkretnych rozwiązań zmierzających do ochrony i poprawy środowiska, w którym żyje człowiek.

Celem artykułu jest kompleksowe spojrzenie na wybrane problemy związane z ochroną środowiska w Polsce w ujęciu przestrzennym, w którym obiektami badań są województwa. Problemami tymi są:

1. Przestrzenne zróżnicowanie kraju ze względu na stopień zanieczyszczenia środowiska,

2. Przestrzenne zróżnicowanie kraju ze względu na stan prowadzonych działań proekologicznych,
3. Przestrzenne zróżnicowanie kraju ze względu na ponoszone nakłady na środki trwałe służące ochronie środowiska przypadające na 1 km²,
4. Przestrzenne zróżnicowanie kraju ze względu na wysokość PKB w przeliczeniu na 1 osobę w poszczególnych województwach.

Naświetleniu tych zagadnień sprzyja budowa rankingów z zastosowaniem wielokryterialnych ocen. Dotyczy to badań stanu zanieczyszczenia środowiska oraz działań proekologicznych. Dla celów porównawczych zbudowano również rankingi województw przyjmujące za kryterium jedną cechę tj. w pierwszym przypadku za kryterium wzięto wartość środków trwałych przypadającą na 1 km² zaś w drugim wysokość PKB w przeliczeniu na 1 osobę zamieszkującą dane województwo.

Budowa rankingów w czterech ujęciach upoważnia do wysunięcia kilku hipotez:

1. Układ rankingowy województw opisujący stan zanieczyszczenia środowiska powinien wykazywać znaczny stopień zgodności z:
 - układem rankingowym województw ukazującym stan działań na rzecz ochrony środowiska (działania proekologiczne),
 - układem rankingowym województw biorącym pod uwagę wysokość nakładów na środki trwałe, służące ochronie środowiska,
2. Układ rankingowy województw ze względu na działalność proekologiczną winien być konwergentny z układem porządkowym nakładów na środki trwałe służące środowisku,
3. Układ porządkowy województw ze względu na wysokość nakładów przeznaczonych na środki trwałe służące środowisku wg logicznych przesłanek winien współgrać z układem rankingowym tych jednostek uporządkowanych nierosnąco ze względu na wysokość PKB per capita.

Celem zbadania wymienionych hipotez zbudowano rankingi województw ze względu na wymienione wyżej problemy, z których dwa pierwsze tworzą zjawiska złożone [Kukuła 2000]. Są to stopień zanieczyszczenia środowiska oraz poziom przedsięwzięć proekologicznych. Dwa kolejne problemy opisano za pomocą jednej cechy, są to : wielkość nakładów na środki trwałe służące ochronie środowiska w woj. oraz wysokość PKB przypadająca na osobę zamieszkałą dane województwo. Dla relacji łączących te zagadnienia wykorzystano metody z zakresu wielowymiarowej analizy porównawczej a w szczególności metodę unitaryzacji zerowanej. Materiał badawczy pochodzi z publikacji GUS: „Rocznik Statystyczny Województw 2013” oraz wydawnictw pt.: „Ochrona Środowiska – Environment 2013”. Poziom badanego zjawiska złożonego rozpatruje się w r obiektach O_1, \dots, O_r . Każdy z tych obiektów jest charakteryzowany przez n zmiennych diagnostycznych: X_1, \dots, X_n .

Metoda badawcza, która jest zastosowana w niniejszym artykule należy do szerokiego zbioru procedur pod nazwą wielowymiarowa analiza porównawcza.

W jej ramach mieści się również problematyka badania zjawisk złożonych. Zjawisko złożone to takie zjawisko, które nie można opisać jedną zmienną, ale zwykle opisu tego dokonuje się za pomocą kilku zmiennych. W naszych badaniach zjawiskiem złożonym są stopień zanieczyszczenia środowiska oraz stan działań proekologicznych.

Zebrane informacje o zmiennych diagnostycznych tworzą macierz:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{r1} & x_{r2} & \dots & x_{rn} \end{bmatrix} \quad \begin{pmatrix} i = 1, \dots, r \\ j = 1, \dots, n \end{pmatrix} \quad (1)$$

gdzie: x_{ij} - to wartość zmiennej X_j w obiekcie O_i . Parametr r to liczba obiektów zaś n to liczba zmiennych diagnostycznych.

METODA BADAWCZA

Budowa rankingu obiektów (tu województw) ze względu na poziom zjawiska złożonego wymaga wyboru tzw. zmiennych diagnostycznych opisujących badane zjawisko. W naszym przypadku zastosowano dwa kryteria doboru zmiennych:

1. Kryterium merytoryczne,
2. Kryterium dostatecznej zmienności cech.

W procedurze kwalifikacji cech do zbioru zmiennych diagnostycznych pominięto analizę korelacyjną. Analiza ta jest niezbędną przy wyborze zmiennych objaśniających do modelu ekonometrycznego, tutaj przy budowie rankingu obiektów ze względu na poziom badanego zjawiska złożonego wydaje się być zbędną.

Jako kryterium dostatecznej zmienności zastosowano prosty miernik, jakim jest iloraz wartości skrajnych danej cechy $I(X_j)$:

$$I(X_j) = \frac{\max_i x_{ij}}{\min_i x_{ij}} \quad \text{przy czym} \quad \min_i x_{ij} > 0 \quad (2)$$

Przyjęto, że cecha, odpowiadająca kryteriom merytorycznym winna charakteryzować się zmiennością co najmniej taką, by spełnić warunek:

$$I(X_j) > 2. \quad (3)$$

Dla zmiennej przyjmującej wartości stałe miernik wykazuje wartość jeden, wzrost tego miernika oznacza oddalenie się obiektu najgorszego od obiektu najlepszego ze względu na rozpatrywaną cechę. Miernik ten zatem spełnia rolę kryterium przy selekcji cech diagnostycznych ze względu na wymagany stopień zmienności, gdy ostatecznym celem tych zabiegów jest budowa rankingu obiektów.

Podział zmiennych diagnostycznych na stymulanty i destymulanty wprowadził Z. Hellwig w swej pionierskiej pracy [Hellwig 1968].

Agregacja zmiennych diagnostycznych musi być poprzedzona ich transformacją zwaną normowaniem. Proces normowania pozbawia mian cech oryginalnych oraz sprowadza ich wartości do porównywalnych przedziałów – najlepiej do przedziału $[0,1]$. Wiele pozytywnych cech użytecznych posiada metoda unitaryzacji zerowanej [Kukuła 2000].

W metodzie unitaryzacji zerowanej stałym punktem odniesienia jest rozstęp cechy normowanej:

$$R(X_j) = \max_i x_{ij} - \min_i x_{ij} \quad (4)$$

Normowane cechy X_j należącej do stymulant (wzrost tej zmiennej należy kojarzyć ze wzrostem oceny zjawiska złożonego) wykonuje się wg wzoru:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (5)$$

Ponadto:

$$\begin{aligned} z_{ij} = 0 &\Leftrightarrow x_{ij} = \min_i x_{ij} \\ z_{ij} = 1 &\Leftrightarrow x_{ij} = \max_i x_{ij} \end{aligned} \quad (6)$$

Normowanie cechy X_j należącej do destymulant (wzrost tej zmiennej należy kojarzyć ze spadkiem oceny zjawiska złożonego) dokonuje się stosując wzór:

$$z_{ij} = \frac{\max_i x_{ij} - x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (7)$$

$$z_{ij} = 0 \Leftrightarrow x_{ij} = \max_i \quad (8)$$

$$z_{ij} = 1 \Leftrightarrow x_{ij} = \min_i x_{ij}$$

Zmienne unormowane otrzymane za pomocą wzorów (5) i (7) spełniają relację:

$$z_{ij} \in [0,1] \quad (9)$$

i są przekształceniami liniowymi wartości oryginalnych zmiennych diagnostycznych. Unormowane zmienne za pomocą metody unitaryzacji zerowanej tworzą macierz:

$$Z = [z_{ij}] = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{r1} & z_{r2} & \dots & z_{rn} \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} (i = 1, \dots, r) \\ (j = 1, \dots, n) \end{matrix} \quad (10)$$

Macierz ta ułatwia przejście z wielu cech unormowanych charakteryzujących każdy obiekt do jednej zmiennej zwanej zmienną syntetyczną opisującą poziom zjawiska złożonego w danym (i -tym) obiekcie:

$$Q_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n z_{ij} \quad (11)$$

Zmienne syntetyczne otrzymane wzorem (11) przybierają wartości z przedziału $[0,1]$. Warto nadmienić, że:

$$Q_i = 1 \Leftrightarrow z_{i1} = z_{i2} = \dots = z_{in} = 1 \quad (12)$$

oraz
$$Q_i = 0 \Leftrightarrow z_{i1} = z_{i2} = \dots = z_{in} = 0 \quad (13)$$

Wartości te zdarzają się niezwykle rzadko.

Wektor Q :

$$Q = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_r \end{bmatrix} \quad (14)$$

pozwala zbudować ranking obiektów tj. utworzyć taki układ porządkowy, w którym pierwsze miejsce zajmuje obiekt o najwyższej wartości Q_i zaś ostatnie obiekt o minimalnej wartości Q_i .

W rankingu występują obiekty uporządkowane wg nierosnących wartości Q_i , co pozwala na dokonanie ich podziału na dowolnie wybraną liczbę grup. W naszych badaniach, gdzie zbiór obiektów (województw) ma liczebność 16, sensownym jest podział na 3 grupy. Celem dokonania podziału należy wyznaczyć rozstęp zmiennej syntetycznej:

$$R(Q_i) = \max_i Q_i - \min_i Q_i \quad (15)$$

W naszych badaniach, gdzie liczba postulowanych grup wynosi 3, parametr podziału k otrzymuje się z wzoru:

$$k = \frac{R(Q_i)}{3} \quad (16)$$

Postępując dalej wyłaniamy:

grupę I o najwyższym poziomie badanego zjawiska złożonego:

$$Q_i \in [\max_i Q_i - k, \max_i Q_i],$$

grupę II o przeciętnym poziomie zjawiska złożonego

$$Q_i \in [\max_i Q_i - 2k, \max_i Q_i - k),$$

grupę III o niskim poziomie zjawiska złożonego

$$Q_i \in [\max_i Q_i - 3k, \max_i Q_i - 2k).$$

Ciekawym problemem nasuwającym się w trakcie badań są podobieństwa względnie różnice przestrzenne, jakie można zaobserwować w otrzymanych rankingach (1,2,3,4).

Porównanie dwóch układów porządkowych oznaczonych symbolami p oraz q , złożonych z r obiektów umożliwia skorzystanie z miary m_{pq} [Kukuła 1986]:

$$m_{pq} = 1 - \frac{2 \sum_{i=1}^r |d_{i(pq)}|}{r^2 - z} \quad \left(\begin{array}{l} i = 1, \dots, n \\ p, q = 1, \dots, v \end{array} \right) \quad (17)$$

gdzie:

$$d_{i(pq)} = c_{ip} - c_{iq}, \quad (18)$$

c_{ip} - pozycja i -tego obiektu w rankingu nr p

c_{iq} - pozycja i -tego obiektu w rankingu nr q

Ponadto:

$$z = \begin{cases} 0 & r \in P \\ 1 & \text{gd}y \quad r \in L \end{cases}, \quad (19)$$

przy czym:

P - zbiór liczb naturalnych parzystych,

L - zbiór liczb naturalnych nieparzystych.

v - liczba porównywanych rankingów.

Otrzymane wg wzoru (17) mierniki spełniają relację:

$$m_{pq} \in [0,1] \quad (20)$$

Jeśli dwa porównywane układy porządkowe p oraz q są identyczne wówczas $m_{pq} = 1$, co oznacza maksymalne podobieństwo. Jeśli zaś $m_{pq} = 0$ to porównywane rankingi są zupełnie niepodobne- maksymalnie zróżnicowane. Przykładem takim są dwa układy porządkowe: (A,F,G,B,D,C,E) oraz (E,C,D,B,G,F,A). Literami oznaczono umownie obiekty.

WYTYPOWANE ZMIENNE DIAGNOSTYCZNE

Celem budowy rankingu województw ze względu na stopień zanieczyszczenia środowiska, korzystając z dwóch opisanych kryteriów (merytorycznego oraz zmienności), wyłoniło 7 cech diagnostycznych:

X_1 - nieoczyszczone ścieki przemysłowe i komunalne odprowadzone do wód lub do ziemi w $m^3/100 \text{ km}^2$,

X_2 - emisja zanieczyszczeń pyłowych z zakładów szczególnie uciążliwych dla środowiska w $t/100 \text{ km}^2$,

X_3 - emisja zanieczyszczeń gazowych z zakładów szczególnie uciążliwych dla środowiska w $t/100 \text{ km}^2$,

X_4 - udział powierzchni gruntów zdewastowanych i zdegradowanych (wymagających rekultywacji) w ogólnej powierzchni województwa w $0/00$,

X_5 - emisja ołowiu z zakładów szczególnie uciążliwych dla środowiska w g/100 km²,

X_6 - emisja rtęci z zakładów szczególnie uciążliwych dla środowiska w g/100 km²,

X_7 - wielkość odpadów komunalnych wytworzonych i niezabezpieczonych w kg/osobę.

Wszystkie zakwalifikowane cechy spełniają nierówność: $I(X_j) > 2$

Kolejno, do budowy rankingu województw ze względu na poziom przedsięwzięć proekologicznych wyselekcjonowano, w oparciu o te same kryteria, również 7 zmiennych diagnostycznych. Są to:

Y_1 - objętość ścieków oczyszczonych w hm³,

Y_2 - udział ścieków oczyszczonych w ogólnej objętości ścieków w %,

Y_3 - zanieczyszczenia pyłowe z zakładów szczególnie uciążliwych dla środowiska, zatrzymane w urządzeniach do redukcji w tys. ton,

Y_4 - zanieczyszczenia gazowe z zakładów szczególnie uciążliwych dla środowiska zatrzymane w urządzeniach do redukcji w tys. ton,

Y_5 - ilość zakładów wyposażonych w oczyszczalnie ścieków o wystarczającej przepustowości,

Y_6 - długość sieci kanalizacyjnych w km,

Y_7 - liczba ludności przypadająca na 1ha powierzchni składowisk kontrolowanych.

Wszystkie wytypowane cechy spełniają warunek: $I(Y_j) > 2$

Zauważmy, że cechy (X_1, \dots, X_7) należą do stymulant, również do stymulant należą cechy (Y_1, \dots, Y_6) zaś Y_7 należy do destymulant.

RANKINGI WOJEWÓDZTW WEDŁUG STOPNIA ZANIECZYSZCZENIA ŚRODOWISKA ORAZ WEDŁUG DZIAŁALNOŚCI PROEKOLOGICZNEJ

Zanieczyszczenie środowiska stanowi zjawisko złożone [Kukuła 2000], opisywane przez kilka zmiennych. Celem zbudowania rankingu województw według stopnia zanieczyszczenia środowiska zebrano dane o wartościach wytypowanych zmiennych diagnostycznych, opisujących to zjawisko złożone (zob. Tabela 1). Kolejną czynnością jest normowanie czyli ujednoczenie cech co do rzędu wielkości oraz pozbawienie ich mian. Zadanie to zrealizowano stosując wcześniej opisaną metodę unitaryzacji zerowanej. Wyniki normowania cech diagnostycznych przedstawia Tabela 2. W następnym kroku dokonano agregacji zmiennych korzystając z Tabeli 2. Otrzymano w ten sposób wartości zmiennych syntetycznych (agregatowych), które stanowiąc jedną wartość charakteryzują stopień zanieczyszczenia środowiska w każdym województwie. Dane o wartościach zmiennej syntetycznej zawarte w Tabeli 3 są podstawą do budowy rankingu czyli uszeregowania województw według ich nierosnących wartości. Ranking województw według stopnia zanieczyszczenia środowiska w Polsce prezentuje Tabela 4 oraz Rysunek 1. W rankingu tym pierwszą pozycję zajmuje zgodnie z oczekiwaniami województwo śląskie, wyraźnie wyprzedzając pozostałe

obiekty zajmujące czołowe lokaty (łódzkie, opolskie, wielkopolskie i dolnośląskie). Wielkość zmiennej syntetycznej ($Q_1 = 0.834$) sygnalizująca bardzo wysoki stopień zanieczyszczeń w województwie śląskim stanowi wartość odstającą. W ten sposób powstała oddzielna grupa złożona z jednego województwa. Do pozostałych województw zastosowano procedurę podziału wcześniej opisaną. W wyniku zastosowania tej procedury otrzymano kolejne 3 grupy: o wysokim, przeciętnym, niskim poziomie zanieczyszczenia środowiska. Zwrócimy uwagę, że grupy o bardzo wysokim i wysokim stopniu skażenia środowiska (5 województw) zajmują obszar położony w południowo-zachodniej i środkowej części Polski. Województwa zaś o niskim poziomie skażenia środowiska (4 województwa) to obiekty zajmujące obszar Polski południowo-wschodniej, północnej i zachodniej. Przeciętny stopień zanieczyszczenia środowiska wykazuje aż 7 województw. Przedstawioną strukturę przestrzenną należy uznać za niekorzystną wymagającą zmian idących w kierunku powiększenia obszarów o niskim poziomie skażenia środowiska.

W ślad za tym postulatem przedstawiono stan działań proekologicznych w Polsce w 2012 roku. W tym celu zebrano informacje o wytypowanych do badań zmiennych diagnostycznych (zob. Tabela 5). Przyjmując, że działalność proekologiczna stanowi także zjawisko złożone, dokonano unormowania zmiennych metodą unitaryzacji zerowanej. Wyniki unormowań zawiera Tabela 6. Kolejną czynnością jest agregacja zmiennych unormowanych, co prowadzi do wyłonienia zmiennych syntetycznych. Wartości zmiennej syntetycznej przedstawiono w Tabeli 7. Bazując na wartościach zmiennej syntetycznej, określającej stan zjawiska złożonego w każdym obiekcie, zbudowano ich ranking. Ranking ten prezentuje obiekty od najwyższego poziomu działań proekologicznych do jego najniższych stanów (zob. Tabela 8 oraz Rysunek 2). W działalności tej wyraźnie przoduje województwo śląskie, co pozostaje w zgodzie z zasadą „kto najwięcej śmieci ten najwięcej sprząta”. Wartość zmiennej syntetycznej ($Q_1 = 0.898$) w tak wyraźny sposób odbiega od wartości zmiennej agregatowej kolejnych w rankingu województw, iż należy ją uznać jako wielkość odstającą. Zatem województwo śląskie tworzy odrębną grupę pierwszą o najwyższym poziomie działań proekologicznych. Pozostałe województwa podzielono na 3 grupy: o wysokim, przeciętnym i niskim poziomie działań proekologicznych. Również w tym podziale otrzymano podobne do poprzedniego składy grup o najwyższym i wysokim poziomie działań proekologicznych w stosunku do grup o najwyższym i wysokim stopniu zanieczyszczenia środowiska. Większe przemieszczenia charakteryzują grupy o przeciętnym i niskim poziomie porównywanych zjawisk.

Tabela 1. Zmienne opisujące stan zanieczyszczenia środowiska w Polsce w 2012 roku

Lp.	Województwo	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
POLSKA		46,08	16,75	69,24	2,057	13 918	1091	65
1	dolnośląskie	31,58	19,48	80,41	4,049	22 490	582	54
2	kujawsko - pomorskie	15,58	11,67	47,05	2,514	1 246	384	59
3	lubelskie	0,80	8,35	21,20	1,245	2 464	299	73
4	lubuskie	3,57	8,31	14,69	1,163	93	43	48
5	łódzkie	12,08	18,94	224,18	2,629	285	1603	105
6	małopolskie	30,96	25,88	69,69	2,588	2 720	356	88
7	mazowieckie	71,99	12,98	78,30	1,145	2 351	1108	102
8	opolskie	89,25	22,71	133,80	3,068	2 072	2773	49
9	podkarpackie	5,04	9,51	18,83	0,951	824	235	28
10	podlaskie	0,25	4,55	7,33	1,390	163	1511	89
11	pomorskie	2,73	15,17	37,69	1,666	486	421	48
12	śląskie	532,71	85,66	331,19	3,907	289 198	3116	32
13	świętokrzyskie	204,94	23,15	108,39	2,922	4 329	632	38
14	warmińsko-mazurskie	2,48	4,90	6,26	1,965	4	4	86
15	wielkopolskie	2,68	15,56	56,15	3,285	660	3758	44
16	zachodniopomorskie	3,93	11,35	40,35	1,316	175	502	39
Iloraz wartości skrajnych		I=2130,84	I=18,83	I=52,91	I=4,26	I=72 299,5	I=939,5	I=3,75

Źródło: obliczenia własne na podstawie: Ochrona Środowiska Environment 2013, GUS Warszawa 2013

Tabela 2. Unormowane zmienne, opisujące stan zanieczyszczenia środowiska w Polsce w 2012 roku

Lp.	Województwo	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇
1	dolnośląskie	0,941	0,816	0,772	0,000	0,922	0,846	0,662
2	kujawsko - pomorskie	0,971	0,912	0,874	0,495	0,996	0,899	0,597
3	lubelskie	0,999	0,953	0,954	0,905	0,991	0,921	0,416
4	lubuskie	0,994	0,954	0,974	0,932	0,999	0,990	0,740
5	łódzkie	0,978	0,823	0,329	0,458	0,999	0,574	0,000
6	małopolskie	0,942	0,737	0,805	0,472	0,991	0,906	0,221
7	mazowieckie	0,865	0,896	0,778	0,937	0,992	0,706	0,039
8	opolskie	0,833	0,776	0,607	0,317	0,993	0,262	0,727
9	podkarpackie	0,991	0,939	0,963	1,000	0,997	0,938	1,000
10	podlaskie	1,000	1,000	0,997	0,858	0,999	0,599	0,208
11	pomorskie	0,995	0,869	0,903	0,769	0,998	0,889	0,740
12	śląskie	0,000	0,000	0,000	0,046	0,000	0,170	0,948
13	świętokrzyskie	0,616	0,771	0,686	0,364	0,985	0,833	0,870
14	warmińsko-mazurskie	0,996	0,996	1,000	0,342	1,000	1,000	0,247
15	wielkopolskie	0,995	0,864	0,846	0,247	0,998	0,000	0,792
16	zachodniopomorskie	0,993	0,916	0,895	0,882	0,999	0,867	0,857

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych zawartych w Tabeli 1

Tabela 3. Wartości q_i oraz Q_i – zmiennej agregatywnej opisującej stan zanieczyszczenia środowiska naturalnego w województwach w 2012 roku

Lp	Województwo	q_i	Q_i
1	dolnośląskie	2,044	0,292
2	kujawsko - pomorskie	1,253	0,179
3	Lubelskie	0,861	0,123
4	Lubuskie	0,420	0,060
5	Łódzkie	2,842	0,406
6	małopolskie	1,925	0,275
7	mazowieckie	1,785	0,255
8	Opolskie	2,485	0,355
9	podkarpackie	0,175	0,025
10	Podlaskie	1,337	0,191
11	pomorskie	0,840	0,120
12	Śląskie	5,838	0,834
13	świętokrzyskie	1,876	0,268
14	warmińsko-mazurskie	1,421	0,203
15	wielkopolskie	2,261	0,323
16	zachodniopomorskie	1,589	0,227

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych zawartych w Tabeli 2

Tabela 4. Ranking województw ze względu na stan zanieczyszczenia środowiska w 2012 roku

Pozycja w rankingu	Województwo	Q_i	Grupa
1	śląskie	0,834	I
2	łódzkie	0,406	II
3	opolskie	0,355	
4	wielkopolskie	0,323	
5	dolnośląskie	0,292	
6	małopolskie	0,275	
7	świętokrzyskie	0,268	III
8	mazowieckie	0,255	
9	zachodniopomorskie	0,227	
10	warmińsko-mazurskie	0,203	
11	podlaskie	0,191	
12	kujawsko - pomorskie	0,179	IV
13	lubelskie	0,123	
14	pomorskie	0,120	
15	lubuskie	0,060	
16	podkarpackie	0,025	

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych zawartych w Tabeli 3

Rysunek 1. Województwa wg stopnia zanieczyszczenia środowiska naturalnego w Polsce w 2012 roku



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z GUS

Tabela 5. Zmienne określające działania proekologiczne w Polsce w 2012 roku

Lp	Województwo	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇
POLSKA		2,669	10,47	61,609	7,345	771	401,60	17 534
1	dołnośląskie	3,023	55,12	140,940	31,529	43	465,80	14 528
2	kujawsko - pomorskie	2,827	76,51	26,921	2,504	41	389,90	12 652
3	lubelskie	0,792	19,17	5,294	7,949	58	211,90	17 465
4	lubuskie	0,329	57,50	8,379	0,286	23	228,20	11 615
5	łódzkie	1,773	74,25	205,451	22,241	69	306,90	22 422
6	małopolskie	10,604	34,55	42,673	8,496	55	750,20	34 758
7	mazowieckie	1,060	1,57	42,581	3,355	110	340,50	23 616
8	opolskie	5,174	76,69	221,848	14,057	25	389,50	6 896
9	podkarpackie	0,684	8,50	18,514	0,538	48	811,50	334 386
10	podlaskie	0,332	63,81	4,206	0,059	23	151,00	19 179
11	pomorskie	2,479	47,54	18,552	5,915	28	482,10	13 713
12	śląskie	12,911	65,29	258,500	23,368	90	1038,90	32 461
13	świętokrzyskie	1,511	1,47	130,993	5,952	26	410,20	25 429
14	warmińsko-mazurskie	0,103	10,04	2,073	0,004	22	243,40	181 284
15	wielkopolskie	4,342	8,51	52,587	4,493	77	370,50	53 506
16	zachodniopomorskie	0,135	3,10	27,507	0,965	33	310,30	7 754
Iloraz wartości skrajnych		I=125,350	I=52,17	I=124,699	I=7882,25	I=5,0	I=6,88	I=26,288

Źródło: obliczenia własne na podstawie: Ochrona Środowiska Environment 2013, GUS Warszawa 2013

Tabela 6. Unormowane zmienne opisujące działania proekologiczne w Polsce w 2012 roku

Lp.	Województwo	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	U ₇
1	dolnośląskie	0,228	0,713	0,542	1,000	0,239	0,355	0,977
2	kujawsko - pomorskie	0,213	0,998	0,097	0,079	0,216	0,269	0,982
3	lubelskie	0,054	0,235	0,013	0,252	0,409	0,069	0,968
4	lubuskie	0,018	0,745	0,025	0,009	0,011	0,087	0,986
5	łódzkie	0,130	0,968	0,793	0,705	0,534	0,176	0,953
6	małopolskie	0,820	0,440	0,158	0,269	0,375	0,675	0,915
7	mazowieckie	0,075	0,001	0,158	0,106	1,000	0,213	0,949
8	opolskie	0,396	1,000	0,857	0,446	0,034	0,269	1,000
9	podkarpackie	0,045	0,093	0,064	0,017	0,295	0,744	0,000
10	podlaskie	0,018	0,829	0,008	0,002	0,011	0,000	0,962
11	pomorskie	0,186	0,612	0,064	0,188	0,068	0,373	0,979
12	śląskie	1,000	0,848	1,000	0,741	0,773	1,000	0,922
13	świętokrzyskie	0,110	0,000	0,503	0,189	0,045	0,292	0,943
14	warmińsko-mazurskie	0,000	0,114	0,000	0,000	0,000	0,104	0,468
15	wielkopolskie	0,331	0,094	0,197	0,142	0,625	0,247	0,858
16	zachodniopomorskie	0,002	0,022	0,099	0,030	0,125	0,179	0,997

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych zawartych w Tabeli 5

Tabela 7. Wartości q_i oraz Q_i – zmiennej agregatowej opisującej stan działań proekologicznych w województwach w 2012 roku

Lp	Województwo	q_i	Q_i
1	dolnośląskie	4,054	0,579
2	kujawsko - pomorskie	2,641	0,377
3	Lubelskie	2,000	0,288
4	Lubuskie	1,881	0,269
5	Łódzkie	4,259	0,608
6	małopolskie	3,652	0,522
7	mazowieckie	2,502	0,357
8	Opolskie	4,002	0,572
9	podkarpackie	1,258	0,180
10	Podlaskie	1,830	0,261
11	Pomorskie	2,470	0,353
12	Śląskie	6,284	0,898
13	świętokrzyskie	2,082	0,297
14	warmińsko-mazurskie	0,686	0,098
15	wielkopolskie	2,494	0,356
16	zachodniopomorskie	1,454	0,208

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych zawartych w Tabeli 6

Tabela 8. Ranking województw ze względu na stan działań proekologicznych w 2012 roku

Pozycja w rankingu	Województwo	Q_i	Grupa
1	śląskie	0,898	I
2	łódzkie	0,608	II
3	dolnośląskie	0,579	
4	opolskie	0,572	
5	małopolskie	0,522	
6	kujawsko - pomorskie	0,377	
7	mazowieckie	0,357	III
8	wielkopolskie	0,356	
9	pomorskie	0,353	
10	świętokrzyskie	0,297	
11	lubelskie	0,288	
12	lubuskie	0,269	IV
13	podlaskie	0,261	
14	zachodniopomorskie	0,208	
15	podkarpackie	0,180	
16	warmińsko-mazurskie	0,098	

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych zawartych w Tabeli 7

Rysunek 2. Województwa wg stanu działań proekologicznych w 2012 roku



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z GUS

RANKINGI WOJEWÓDZTW WG NAKŁADÓW NA ŚRODKI TRWAŁE SŁUŻĄCE ŚRODOWISKU ORAZ WG WARTOŚCI PKB/OS

Nakłady ponoszone na środki trwałe związane z ochroną środowiska to jeden z ważniejszych czynników mających wpływ na poprawę stanu środowiska w Polsce. W związku z tym zbudowano ranking województw biorąc pod uwagę tylko jedną zmienną, którą jest wartość nakładów ponoszonych na środki trwałe służące środowisku. Ranking ten prezentuje Tabela 9 oraz Rysunek 3.

W rankingu tym pierwszą lokatę, podobnie jak w zanieczyszczeniach i działalności na rzecz środowiska, zajmuje województwo śląskie wyprzedzając w sposób bardzo wyraźny dwa województwa zajmujące kolejne wysokie lokaty. Wartość nakładów w tym województwie prawie dwukrotnie przewyższa stan obecny w województwach sklasyfikowanych do grupy o wysokim poziomie wydatków na środki trwałe (łódzkie i świętokrzyskie). Przeciętny stan nakładów obejmuje grupę trzecią. Do grupy tej należą województwa: małopolskie, opolskie i dolnośląskie. Pozostałe 10 województw tworzy grupę trzecią, najniższą o niskim poziomie nakładów przeznaczonych na środki trwałe związane z ochroną środowiska. Zastanowić powinien rozkład liczebności w omawianym zagadnieniu, najliczniejszą grupę obiektów stanowią województwa relatywnie słabo inwestujące w środki służące poprawie i ochronie środowiska.

Kolejnym układem porządkowym bazującym na jednej zmiennej jest ranking województw ze względu na wysokość PKB przypadająca na mieszkańca. Układ ten prezentuje Tabela 10 oraz Rysunek 4. W omawianym rankingu podobnie, jak w trzech poprzedzających obiekt zajmujący pierwszą lokatę (województwo mazowieckie) bardzo wyraźnie wyprzedza województwa z grupy wysokiego poziomu PKB/os. (śląskie, dolnośląskie i wielkopolskie). Wysokość PKB/os. w województwie tym przekracza 64 000zł stanowiąc tym samym wartość odstającą. Stąd województwo mazowieckie tworzy samodzielną grupę o najwyższym poziomie PKB/os. Grupę trzecią określono mianem średniej wysokości PKB/os tworzą cztery obiekty, są to województwa: małopolskie, łódzkie, pomorskie i zachodniopomorskie. Grupę ostatnią najliczniejszą, która jest jednocześnie najniższą grupą tworzy 8 obiektów. Prezentowany ranking ma być punktem odniesienia do trzech wcześniej przedstawionych układów porządkowych.

Tabela 9. Ranking województw ze względu na wielkość nakładów na środki trwałe (W_i) służące ochronie środowiska przypadające na 1 km² w 2012 roku

Pozycja w rankingu	Województwo	W_i	Grupa
1	śląskie	118 644	I
2	łódzkie	65 411	II
3	świętokrzyskie	58 866	
4	małopolskie	46 253	III
5	opolskie	35 884	

Pozycja w rankingu	Województwo	W_i	Grupa
6	dolnośląskie	31 643	IV
7	pomorskie	28 777	
8	mazowieckie	27 700	
9	wielkopolskie	26 963	
10	podkarpackie	26 388	
11	kujawsko - pomorskie	25 753	
12	lubelskie	21 370	
13	warmińsko-mazurskie	17 454	
14	zachodniopomorskie	16 934	
15	podlaskie	15 336	
16	lubuskie	14 757	

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Rocznik Statystyczny Województw 2013, s.36 i Ochrona Środowiska Environment 2013, s.420, GUS Warszawa

Rysunek 3. Nakłady na środki trwałe służące ochronie środowiska w [zł/km²] w 2012 roku



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z GUS

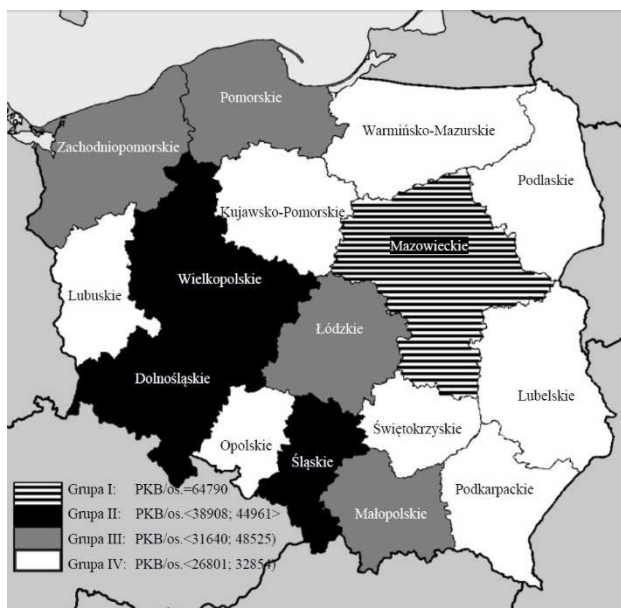
Tabela 10. Ranking województw ze względu na wartość PKB przypadające na 1 mieszkańca w 2012 roku

Pozycja w rankingu	Województwo	PKB / <i>miesz.</i>	Grupa
1	mazowieckie	64 790	I
2	dolnośląskie	44 961	II
3	śląskie	42 830	
4	wielkopolskie	41 285	

Pozycja w rankingu	Województwo	PKB / <i>miesz.</i>	Grupa
5	pomorskie	37 822	III
6	łódzkie	36 750	
7	małopolskie	34 107	
8	zachodniopomorskie	33 485	
9	lubuskie	32 795	IV
10	kujawsko - pomorskie	32 596	
11	opolskie	31 771	
12	świętokrzyskie	29 552	
13	warmińsko-mazurskie	28 635	
14	podlaskie	28 485	
15	lubelskie	26 919	
16	podkarpackie	26 801	

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rocznika Województw 2013r, s.628

Rysunek 4. Województwa z podziałem na grupy wg PKB przypadającego na osobę w 2012 roku



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z GUS

PORÓWNANIA MIĘDZYRANKINGOWE

Wszelkie porównania zjawisk społeczno-ekonomicznych notowanych w kategoriach ilościowych są miarodajne przy zastosowaniu odpowiednich miar. Miary te na ogół posiadają unormowane wartości i znana jest ich interpretacja.

Również w naszych badaniach posłużono się miarą podobieństwa specjalnie skonstruowaną do porównań układów porządkowych (m_{pq}).

Celem realizacji badań komparatywnych w zakresie podobieństwa zbudowanych rankingów (1,2,3,4) oraz zweryfikowania postawionych na wstępie hipotez, wyznaczono wartości miary podobieństwa układów porządkowych [zob.(17)] tworzących macierz M . Aby obliczyć wartości miar m_{pq} należy wpiąć przypisać rangi (pozycje zajmowane w rankingu poszczególnym obiektom - województwom. Pozycje te zawiera Tabela 11, dalej postępując wyznacza się wartości $d_{i(pq)}$ dla każdej pary porównywanych rankingów (p, q). Realizacja tych czynności prowadzi do wyznaczenia wartości miary m_{pq} . Należy wspomnieć, że wartości miary m_{pq} kształtujące się w pobliżu jedności wskazują na duży stopień podobieństwa rankingów p oraz q . Natomiast m_{pq} przybierające wartości bliskie zeru sygnalizują niski stopień podobieństwa porównywanych układów porządkowych.

Ponumerowane od 1 do 4 rankingi dotyczą:

1. zanieczyszczenia środowiska w województwach,
2. działalności proekologicznej w województwach,
3. wielkości nakładów na środki trwałe służące ochronie środowiska w województwach,
4. wysokości PKB przypadającej na osobę w województwach.

W wyniku dokonanych obliczeń przy wykorzystaniu informacji zawartych w Tabeli 11, otrzymano wartości miar m_{pq} dla wszystkich porównywanych par rankingowych:

$$M = [m_{pq}] = \begin{bmatrix} 1 & 0.672 & 0.672 & 0.563 \\ & 1 & 0.859 & 0.578 \\ & & 1 & 0.484 \\ & & & 1 \end{bmatrix}, \quad (p, q = 1, \dots, 4).$$

Z danych zawartych w macierzy M wynika, że największe podobieństwo charakteryzuje parę rankingów: działalność proekologiczna i nakłady na środki trwałe służące środowisku ($m_{23} = 0,859$). Można zatem uznać, że hipoteza nr 2 znajduje potwierdzenie w świetle badań empirycznych. Natomiast najmniejsze podobieństwo wykazuje para rankingowa o numerach 3 i 4. Wartość miary ($m_{34} = 0,484$) nie potwierdza hipotezy trzeciej. Można zatem przyjąć, iż ranking wielkości nakładów na środki trwałe służące ochronie środowiska nie pozostaje w ścisłym związku z rankingiem wielkości PKB przypadającej na mieszkańca województwa. Dalej należy wnioskować, że nakłady dystrybuowane na środki trwałe służące środowisku nie współgrają z przestrzennym rozłożeniem wartości produktu krajowego brutto przypadającej na mieszkańca. Co się tyczy rozgałęzionej hipotezy nr 1, konstatujemy umiarkowanie wysoki, jednakowy stopień podobieństwa układów rankingowych 1 i 2 oraz 1 i 3 ($m_1 = m_{13} = 0,672$).

Można było oczekiwać, że ów stopień podobieństwa wspomnianych układów będzie wyższy. Trudno zatem zarówno przyjąć, jak i odrzucić te hipotezy.

Tabela 11. Pozycje rankingowe województw w czterech kolejno przedstawionych układach porządkowych

Lp.	Województwo	C_{i1}	C_{i2}	C_{i3}	C_{i4}
1	dolnośląskie	5	3	6	2
2	kujawsko - pomorskie	12	6	11	10
3	lubelskie	13	11	12	15
4	lubuskie	15	12	16	9
5	łódzkie	2	2	2	6
6	małopolskie	6	5	4	7
7	mazowieckie	8	7	8	1
8	opolskie	3	4	5	11
9	podkarpackie	16	15	10	16
10	podlaskie	11	13	15	14
11	pomorskie	14	9	7	5
12	śląskie	1	1	1	3
13	świętokrzyskie	7	10	3	12
14	warmińsko-mazurskie	10	16	13	13
15	wielkopolskie	4	8	9	4
16	zachodniopomorskie	9	14	14	8

Źródło: opracowanie własne na podstawie Tabel: 4, 8, 9 i 10

WNIOSKI

Przeprowadzone badania oraz uzyskane wyniki skłaniają do podzielenia się pewnymi spostrzeżeniami natury ogólnej.

1. Przedstawiona procedura opisująca kolejne kroki mające na celu budowę rankingu a następnie podziału obiektów na grupy jawi się pożytecznym narzędziem w obiektywnym wartościowaniu obiektów.
2. W przypadku więcej niż jednego rankingu istnieje możliwość porównania ich zgodności za pomocą miernika m_{pq} .
3. Ranking pierwszy ujawnia znaczne różnice przestrzenne w stopniu zanieczyszczenia środowiska w Polsce.
4. Najwyższy stopień zanieczyszczenia środowiska zgodnie z oczekiwaniami występuje w woj. śląskim. Województwo to stanowi odrębną grupę o najwyższym stopniu zagrożeń ekologicznych dla środowiska.
5. Tylko jedna czwarta ogólnej z liczby województw wykazuje relatywnie niski stopień zanieczyszczenia środowiska. Są to województwa: podkarpackie, lubelskie, pomorskie i lubuskie. Podobnie, ten sam odsetek przypada na liczbę województw o wysokim stopniu zanieczyszczenia środowiska. Są to województwa: opolskie, łódzkie, dolnośląskie i wielkopolskie.

6. Siedem województw charakteryzuje przeciętny stopień skażenia środowiska, są to województwa: małopolskie, świętokrzyskie, mazowieckie, podlaskie, warmińsko-mazurskie, kujawsko-pomorskie i zachodniopomorskie.
7. Pozytywnie należy ocenić, że w rankingu wg działań proekologicznych na czele ze znaczną przewagą nad pozostałymi plasuje się województwo śląskie.
8. Również w tym rankingu $\frac{1}{4}$ ogólnej liczby obiektów przypada na województwa o niskim poziomie przedsięwzięć proekologicznych (województwa: podkarpackie, podlaskie, warmińsko-mazurskie oraz zachodniopomorskie) i również ten sam odsetek przypada na obiekty o wysokim poziomie działań proekologicznych, do województw tych należą: małopolskie, łódzkie, dolnośląskie i opolskie. Pozostałe 7 województw usytuowanych w środkowej i południowej części Polski stanowią obiekty o przeciętnym poziomie przedsięwzięć proekologicznych.
9. Nieco gorszą sytuację, odnotowano w przestrzennym kształtowaniu się nakładów na środki trwałe służące ochronie środowiska. Co prawda w tym rankingu także na pierwszym miejscu plasuje się województwo Śląskie, ale tylko dwa województwa (łódzkie i świętokrzyskie) należą do grupy o wysokim stopniu inwestowania w wymienione środki trwałe, trzy województwa (małopolskie, opolskie i dolnośląskie) należą do grupy średniej i aż 10 województw (wschodnia, środkowa i północna część kraju) stanowi grupę o relatywnie niskich nakładach.
10. Ranking opisujący kształtowanie się PKB/os. w poszczególnych województwach znacznie odbiega od trzech poprzednich. Tu zdecydowanie pierwsza pozycja przypada na woj. mazowieckie (jest to obserwacja wyraźnie odstająca). Połowa województw należy do grupy o niskim poziomie PKB/os.
11. Znajomość elementów macierzy M [zob.(21)] umożliwi porównania w zakresie podobieństwa par rankingowych.
12. Weryfikowana hipoteza nr 1 pokazuje, iż tylko w pewnym dość znacznym stopniu ($m_1 = m_{13} = 0,672$) układy stopnia zanieczyszczenia wykazują podobieństwo z rankingami nr 2 i 3. Na ogół województwa z grupy największych trucicieli środowiska przejawiają w równie wysokim stopniu chęć inwestowania w środki trwałe służące ochronie środowiska oraz w działania proekologiczne. Gorzej z województwami z grupy średniej, gdzie rozbieżności są większe.
13. Hipotezę nr 2 głoszącą, że układ rankingowy województw ze względu na działalność proekologiczną winien być konwergentny z układem porządkowym inwestowania w środki trwałe służące ochronie środowiska, można uznać w dużej mierze za prawdziwą ($m_{23} = 0,859$) co wynika z dużego podobieństwa obu układów rankingowych.
14. Trudno w świetle przeprowadzonych badań zgodzić się z hipotezą nr 3, że układ porządkowy województw wg ponoszonych nakładów na środki trwałe jest zgodny z układem porządkowym obiektów uporządkowanych wg

wysokości PKB przypadającego na 1 osobę w województwie ($m_{34} = 0,484$). Oznacza to, iż PKB w układzie przestrzennym województw tylko w niewielkim stopniu wpływa na wysokość nakładów przeznaczonych na środki trwałe służące ochronie środowiska.

15. Wykorzystane w artykule narzędzia badawcze z zakresu wielowymiarowej analizy porównawczej mają charakter uniwersalny i mogą być stosowane nie tylko w badaniach regionalnych ukierunkowanych na ochronę środowiska, ale również w innych studiach przestrzennych.

BIBLIOGRAFIA

- Górska A., (2013) Wydatki na ochronę środowiska w Polsce, Problemy rolnictwa światowego, t.13, z. 3.
- Hellwig Z., (1968) Zastosowanie metody taksonomicznej do typologicznego podziału krajów ze względu na poziom rozwoju oraz zasoby i strukturę wykwalifikowanych kadr, Przegląd Statystyczny, nr 4.
- Jarzębowski S., (1973) Analiza łańcucha dostaw produktów mleczarskich w kontekście zanieczyszczenia środowiska, Problemy rolnictwa światowego, t.13, z. 3.
- Kukuła K., (1986) Propozycja miary zgodności układów porządkowych, Zeszyty Naukowe AE, Kraków.
- Kukuła K., (2000) Metoda unitaryzacji zerowanej, PWN, Warszawa.
- Źródło: obliczenia własne (styl MIBEzrodlo)

CHOSEN PROBLEMS OF ENVIRONMENT PROTECTION IN POLAND IN THE FOCUS OF MULTIDIMENSIONAL COMPARATIVE ANALYSIS

Abstract: The paper present spatial analysis of chosen phenomena related with protection of environment in Poland, particularly: spatial differentiation of voivodships with respect to the degree of pollution of environment, spatial differentiation of voivodships with respect to the activities undertaken within ecology, spatial differentiation of voivodships with respect to the costs engaged to cover fixed assets used in environment protection, spatial differentiation of voivodships within the level of gross domestic product per capita. With the implementation of multidimensional comparative analysis ranking arrangements for chosen complex phenomena were constructed. The final arrangements underwent the comparing procedure by the mpg measure.

Keywords: environment protection, structure, multidimensional comparative analysis, variable