

Agnieszka Skowronek-Grądziel, Wiktor Kołwzan, Andrzej M. Dziubek

Zastosowanie statystycznych metod wielowymiarowej analizy porównawczej do oceny stanu zaopatrzenia w wodę i sanitacji obszarów wiejskich w poszczególnych województwach w Polsce w latach 2000–2012

Skuteczna ochrona zasobów wodnych wykorzystywanych przez gospodarkę komunalną do zaopatrzenia w wodę w znacznym stopniu zależy od stanu infrastruktury technicznej związanej z odprowadzaniem i oczyszczaniem ścieków, a także zagospodarowaniem odpadów, przy czym problem ten jest obecnie szczególnie istotny na obszarach wiejskich. Posługując się odpowiednimi metodami statystycznymi można zdiagnozować zarówno osiągnięty stan infrastruktury wodociągowo-kanalizacyjnej na terenach wiejskich, jak i poziom rozwoju tej infrastruktury, a także określić występujące w tym zakresie tendencje.

W głównej hipotezie badawczej pracy założono, że od początku XXI wieku na obszarach wiejskich w Polsce następuje systematyczny rozwój infrastruktury technicznej służącej zaopatrzeniu w wodę i sanitacji, w rezultacie czego standardy obowiązujące w dziedzinie inżynierii i ochrony środowiska podlegają unifikacji. Wyniki badań przeprowadzonych w tym zakresie w wymiarze ogólnopolskim zostały zamieszczone w pracy [1], natomiast obecnie uwaga autorów została skupiona na poszczególnych województwach w Polsce. Analiza obszarów wiejskich w Polsce na przestrzeni ostatniej dekady XXI wieku w zakresie zaopatrzenia w wodę i sanitacji wykazała znaczące statystycznie pozytywne zmiany w zakresie analizowanych zmiennych statystycznych (cech badanych województw), które w przekładzie na wymiar merytoryczny oznaczają między innymi rozwój systemów kanalizacji, zwiększenie liczby oczyszczalni ścieków oraz ich modernizację, a także wiele innych zmian o charakterze technicznym, których ogólna liczba miała w tej analizie znaczący wymiar, bo zamykała się liczbą dwudziestu pięciu zmiennych losowych o istotnym znaczeniu w przypadku badanych zmian w czasie. Jednakże analizowane pod względem czasowym zmiany miały swoje umiejscowienie w odniesieniu do konkretnej lokalizacji, która nie ma wymiaru czasowego, a tylko przestrzenny. Dlatego ważnym elementem przeprowadzanej analizy jest prześledzenie, jak zmiany te przebiegały w poszczególnych województwach, gdyż one reprezentują

– w sensie statystycznym – lokalizację wartości losowych analizowanych zmiennych. Poszczególne parametry związane ze stanem zaopatrzenia w wodę i sanitacji obszarów wiejskich podlegają zmianom – jedne ulegają stabilizacji, inne dążą do pewnego stanu równowagi, a część z nich charakteryzuje się zmiennością niestabilizowaną, co stanowiło jeden z ważnych wyników merytorycznych otrzymanych w poprzedniej analizie [1].

Jednym z celów niniejszej pracy było wykazanie, że zmiany obserwowane w zakresie infrastruktury służącej ochronie środowiska na obszarach wiejskich Polski można wykazać również poprzez to, jak one przebiegały w analizowanym czasie w poszczególnych województwach oraz w jaki sposób w analizowanym czasie zmieniała się ranga poszczególnych województw i jakie formy jakościowe przybierały związki województw z podstawowymi kategoriami zmiennych wydzielonych metodą Hellwiga (reprezentantami poszczególnych kategorii zmiennych). Jakkolwiek przeprowadzone badania miały głównie charakter poznawczy, to jednak w konsekwencji ich wynik ma znaczenie użytkowe, ponieważ może być wykorzystany w procesie podejmowania decyzji przez centralne i lokalne instytucje Państwa. Stosując metody statystyczne starano się zdiagnozować osiągnięty na płaszczyźnie infrastruktury technicznej, służącej ochronie środowiska na obszarach wiejskich w Polsce, poziom rozwoju oraz określić tendencje występujące w wymiarze ogólnym Polski w latach 2000–2012. Zdobyta w ten sposób wiedza jest ważna na wszystkich etapach zarządzania systemami ochrony środowiska w Polsce, gdyż pozwala kompleksowo spojrzeć na Państwo jako system i ocenić bieżącą sytuację w analizowanym zakresie. Powinna być także przydatna w trakcie formułowania celów i strategii ochrony środowiska w skali makro, organizowania podsystemu technicznego i podsystemu struktury, projektowania systemu informacyjno-decyzyjnego, kształtowania systemu kierowania ludźmi odpowiedzialnymi za ochronę środowiska w całym kraju, a także do usprawniania funkcjonowania państwa na płaszczyźnie działań ochronnych w trakcie podejmowania decyzji w zakresie zmian na poziomie konkretnych technologii stosowanych w systemach wodociągów i kanalizacji [2]. W dłuższym przedziale czasu skuteczne wykorzystanie wyników uzyskanych w trakcie badań przełoży się na zniwelowanie różnic rozwojowych w standardach środowiskowych pomiędzy poszczególnymi województwami,

Dr A. Skowronek-Grądziel, dr W. Kołwzan: Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych im. Generała Tadeusza Kościuszki we Wrocławiu, Wydział Zarządzania, ul. Piotra Czapkowskiego 109, 51-150 Wrocław
a.skowronek_gradziel@wso.wroc.pl

Dr inż. A.M. Dziubek: Politechnika Wroclawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Technologii Oczyszczania Wody i Ścieków, wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

a nawet powiatami i miejscowościami. Ponieważ zanieczyszczenia środowiska powstają lokalnie, ale powodują skutki ponadregionalne, dlatego w rezultacie należy spodziewać się poprawy w skali makro, w postaci zwiększenia integralności terytorialnej poszczególnych regionów, a przez to zwiększenia atrakcyjności inwestycyjnej oraz wzrostu gospodarczego Polski [3].

Dobór cech diagnostycznych i metody badawcze

Ocenę rozwoju infrastruktury technicznej służącej ochronie środowiska obszarów wiejskich w Polsce przeprowadzano w szesnastu obiektach – województwach, które zostały scharakteryzowane za pomocą dwudziestu pięciu cech o charakterze losowym. W trakcie badań korzystano z pakietów komputerowych Excel, GRETL oraz Statistica. W badaniach zastosowano metody wielowymiarowej analizy porównawczej (WAP). Szczegółowe metody badań, a zwłaszcza sposób doboru cech diagnostycznych, zakwalifikowane zmienne, wytypowane do badania lata oraz opis zastosowanych metod badawczych, przedstawiono w pracy [1]. Dodatkowo, na potrzeby obecnie prowadzonych badań, korzystano z hierarchicznej procedury aglomeracyjnej, korelacji rang Spearmana oraz analizy korespondencji.

Hierarchiczna procedura aglomeracyjna

Klasyfikacja oparta na hierarchicznej procedurze aglomeracyjnej to procedura, w której dąży się do wydzielenia w sposób statystyczny najbardziej właściwej w przypadku badanego problemu grup obiektów podobnych do siebie. Na potrzeby realizowanych badań hierarchiczną procedurę aglomeracyjną przeprowadzono na podstawie odległości Euklidesa, mierze najbardziej naturalnej w odniesieniu do analizowanego zagadnienia, a także metodzie Warda, która wykorzystuje analizę wariancji. Jest to metoda, w której dąży się do minimalizacji sumy kwadratów odchyień wewnątrz skupień, dzięki czemu wydzielone zostają skupienia o małej liczebności. W konkretnym przypadku należało wydzielić liczbę klas, które w nim obiektywnie występują. Jednakże metoda ta nie jest uniwersalna i nie zapewnia ideału klasyfikacji, choć w znacznym stopniu przybliża możliwość jego osiągnięcia. Można więc stwierdzić, że zastosowany sposób klasyfikacji łączy w sobie odległość i zmienność (rozproszenie) badanych obiektów.

Korelacja rang Spearmana

Wartość współczynnika korelacji rang Spearmana wyznacza się z zależności:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n} \quad (1)$$

w której $d_i = x_i - y_i$ oznacza różnicę rang zmiennej X względem zmiennej Y . Wartość współczynnika r_s nie powinna być interpretowana bez powiązania z liczbą obserwacji (n). Przed interpretacją wartości współczynnika r_s należy sprawdzić jego istotność statystyczną. Oznacza to weryfikację hipotezy o braku korelacji pomiędzy zmiennymi X i Y wobec hipotezy alternatywnej, że taka korelacja występuje. Przy takim testowaniu zbiór krytyczny jest dwustronny. W przypadku, gdy liczba obserwacji nie przekracza 30 należy posługiwać się tablicowanymi wartościami krytycznymi współczynnika korelacji rangowej Spearmana.

Analiza korespondencji

Analiza korespondencji jest jedną ze stosowanych w statystyce metod analizy czynnikowej. Dzięki zastosowaniu analizy korespondencji można wydobywać związki między zmiennymi (cechami) oraz badanymi obiektami (obserwacjami w sensie statystycznym) i prezentować je w formie graficznej. Metoda ta, jako jedyna wśród metod analiz czynnikowych, pozwala na umieszczenie w jednym układzie czynnikowym (karterzańskim) zmiennych i obiektów. W rezultacie można ustalić strukturalne powiązania pomiędzy zmiennymi i obiektami w układzie czynników ortogonalnych, czyli znacznie zwiększyć możliwości interpretacji merytorycznej związków cech i obiektów. Dodatkowo zastosowanie tej metody umożliwia analizę zarówno danych ilościowych, jak i jakościowych. Nie ma też zasadniczo wymagań odnośnie liczby obserwacji (wielkości próby statystycznej) [4, 5].

Wyniki badań

Hierarchiczna procedura aglomeracyjna

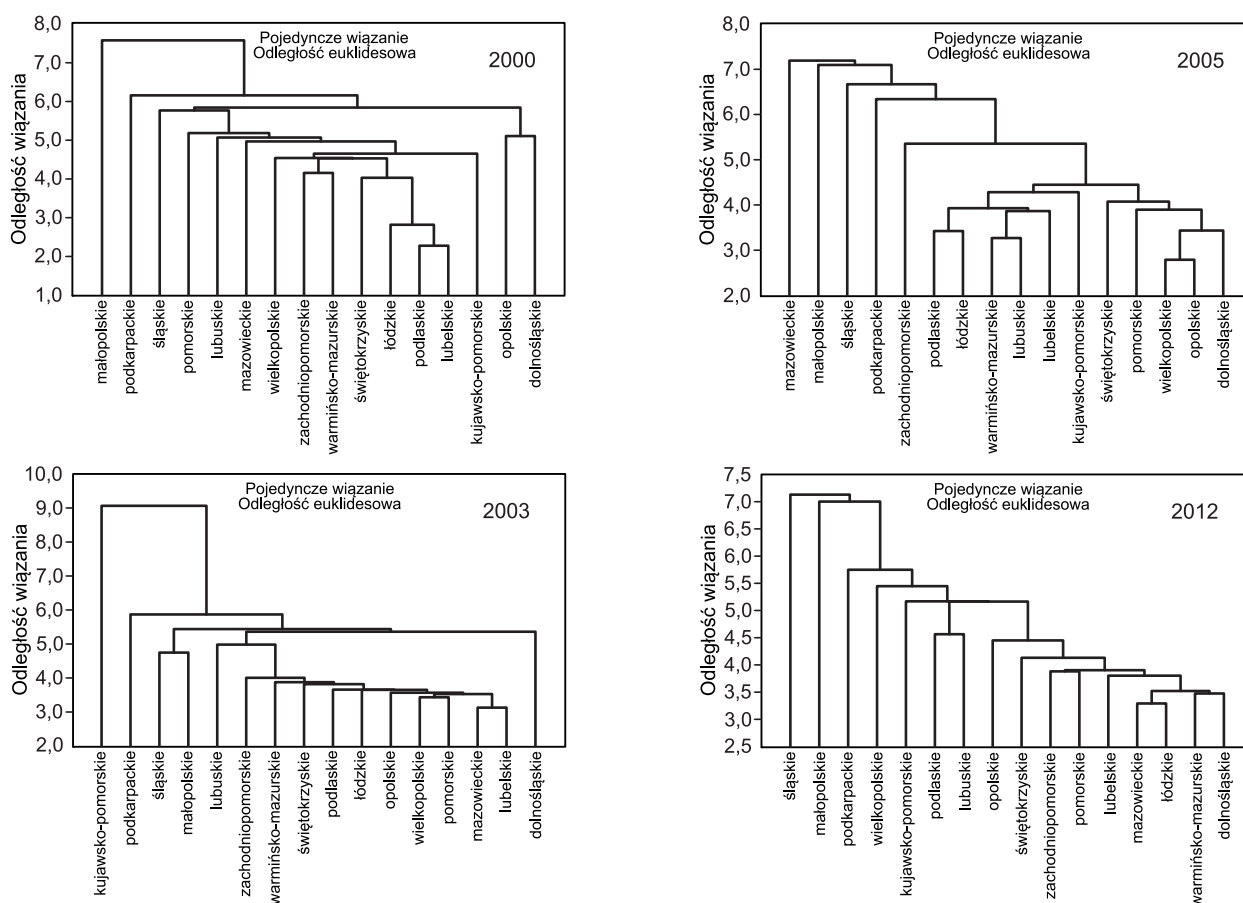
Pierwszą klasyfikację województw przeprowadzono ze względu na wszystkie wartości wyróżnionych cech analizowanych łącznie. Do podziału dendrogramów w kolejnych latach wykorzystano miernik oparty na ilorazach kolejnych odległości aglomeracyjnych [6]. W ramach wyznaczonych skupień znalazły się województwa o podobnych wzorcach inwestycji w zakresie infrastruktury mającej służyć ochronie środowiska na obszarach wiejskich. Przebieg aglomeracji oraz miejsca podziału na grupy typologiczne w analizowanych latach z przedziału 2000–2012 przedstawiono na rysunku 1, natomiast otrzymane za pomocą hierarchicznej procedury aglomeracyjnej grupy województw zaprezentowano w tabeli 1.

Korelacja rang Spearmana

Korzystając z uporządkowań województw wydzielonych metodą analizy skupień w latach 2000, 2003, 2005 i 2012 oszacowano korelacje rang Spearmana. Porównując rankingi województw uzyskane w latach 2000 i 2003 (rys. 1, lewa strona), współczynnik korelacji rang, w przypadku statystyki Spearmana z próby równej 1,652 i $p=0,0986$, przyjął wartość $r_s=0,43$, co przy dwustronnym obszarze krytycznym ($\alpha=0,1$) oznacza brak korelacji. Podobna tendencja utrzymywała się w przypadku zestawień województw z lat 2003 i 2005 – $r_s=0,441$, statystyka Spearmana z próby wyniosła 1,709 ($p=0,087$) oraz lat 2005 i 2012 (rys. 1, prawa strona) – $r_s=0,065$, a statystyka z próby wyniosła 2,574 ($p=0,01$).

Analiza głównych składowych

W kolejnej analizie rozpatrywane w przypadku kolejnych lat badania przestrzenie wyznaczone przez liczbę województw oraz potencjalne główne składowe (po sześć potencjalnych głównych składowych z lat 2012 i 2005 oraz po siedem z lat 2003 i 2000), zostały przekształcone w zbiory szesnastu województw w dwuwymiarowych, możliwych do przedstawienia na płaszczyźnie, przestrzeni niezależnych najważniejszych czynników głównych. W przypadku lat 2012 i 2005 przeprowadzono transformację szesnastu województw z przestrzeni sześciowymiarowej na reprezentowaną przez dwie główne składowe. W przypadku danych z 2012 r. były to dostępność infrastruktury



Rys. 1. Przebieg aglomeracji oraz miejsca podziału województw na grupy typologiczne w latach 2000, 2003, 2005 i 2012
Fig. 1. Agglomeration borders and typological voivodship clustering in the years 2000, 2003, 2005 and 2012

Tabela 1. Grupy województw wyznaczone ze względu na wszystkie wartości wyróżnionych cech analizowanych łącznie (wyniki hierarchicznej procedury aglomeracyjnej)

Table 1. Voivodship clusters determined on the basis of combination of all the features analyzed (results of the hierarchical agglomerative procedure)

Numer grupy	2000	2003	2005	2012
	województwo			
1	lubelskie, łódzkie, podlaskie	opolskie, lubelskie, łódzkie, podlaskie, warmińsko-mazurskie, wielkopolskie, mazowieckie, lubuskie, pomorskie, świętokrzyskie, zachodniopomorskie	dolnośląskie, kujawsko-pomorskie, lubelskie, lubuskie, łódzkie, opolskie, podlaskie, pomorskie, świętokrzyskie, warmińsko-mazurskie, wielkopolskie, zachodniopomorskie	dolnośląskie, kujawsko-pomorskie, lubuskie, lubelskie, łódzkie, mazowieckie, opolskie, podkarpackie, podlaskie, pomorskie, świętokrzyskie, warmińsko-mazurskie, wielkopolskie, zachodniopomorskie
2	śląskie	śląskie	śląskie	śląskie
3	małopolskie	małopolskie	małopolskie	małopolskie
4	podkarpackie	podkarpackie	podkarpackie	-
5	dolnośląskie	dolnośląskie	mazowieckie	
6	kujawsko-pomorskie	kujawsko-pomorskie		
7	lubuskie	lubuskie		
8	mazowieckie			
9	opolskie			
10	pomorskie			
11	świętokrzyskie			
12	wielkopolskie			
13	warmińsko-mazurskie			
14	zachodniopomorskie			

technicznej oraz wysoka świadomość znaczenia jakości stosowanych rozwiązań, które wyjaśniały ponad 49% zmienności, natomiast w przypadku danych z 2005 r. dostępność infrastruktury technicznej oraz innowacje wyjaśniały niemal 55% zmienności.

Na podstawie danych zebranych z lat 2003 i 2000, w przypadku których w poprzednim kroku wyznaczono po siedem potencjalnych składowych głównych, obecnie liczbę czynników ograniczono do dwóch. Przestrzeń wyznaczona na podstawie danych z 2003 r., opisywana przez wysoką świadomość znaczenia jakości stosowanych rozwiązań oraz dostępność infrastruktury technicznej służącej ochronie środowiska na obszarach wiejskich, wyjaśniała ponad 50% zmienności, natomiast dwa pierwsze czynniki wyznaczone na podstawie danych z 2000 r. to reprezentujące niecałe 50% zmienności dostępność infrastruktury technicznej oraz innowacje. Analizując otrzymane wyniki wyodrębniono sześć grup województw, w których obszary wiejskie cechowały podobne – ze względu na dwie pierwsze składowe – wzorce inwestycji w zakresie infrastruktury służącej ochronie środowiska. Nazwy wydzielonych grup oraz zakwalifikowane do nich w poszczególnych latach badania województwa zostały przedstawione w tabeli 2.

Analiza korespondencji

W celu osiągnięcia przejrzystej reprezentacji graficznej relacji zachodzącej między zmiennymi i województwami do przeprowadzenia analizy korespondencji wybrano zmienne wydzielone metodą Hellwiga w najbardziej aktualnym roku badania. Oznacza to, że do badania wytypowano osiem następujących zmiennych z 2012 r., które opisywały kolejno:

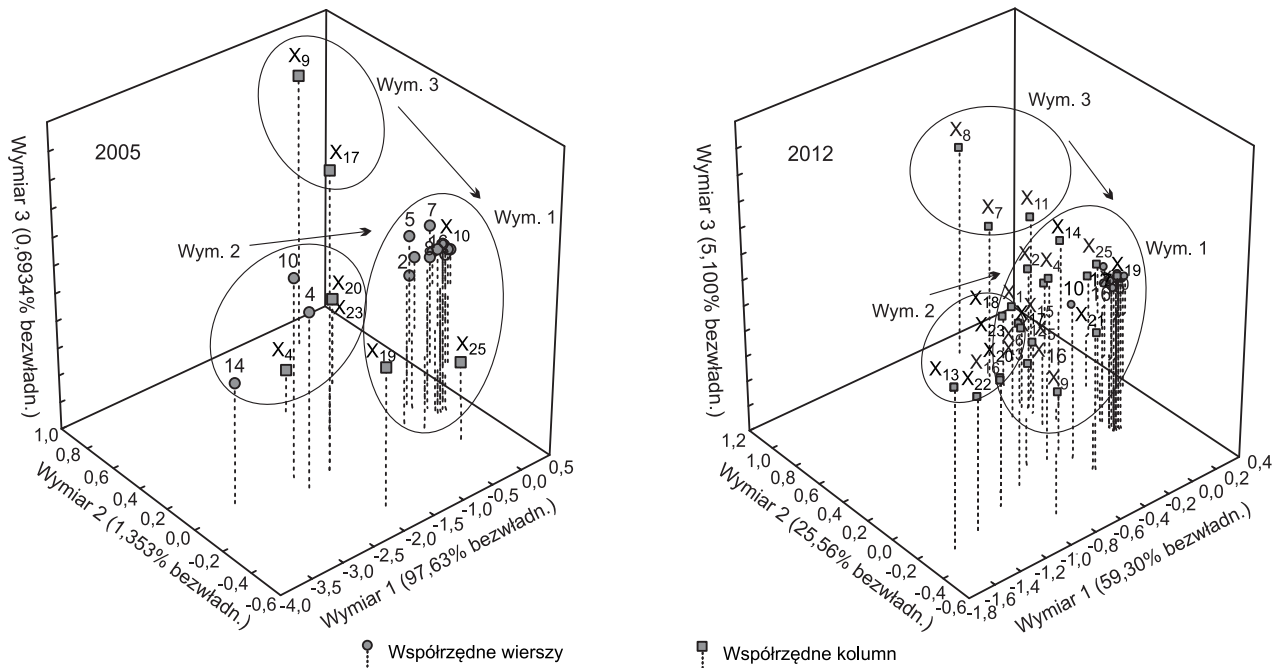
- X_4 : zwodociągowanie i sanitację obszarów wiejskich,
- X_9 : oczyszczalnie ścieków na obszarach wiejskich,
- X_{10} : infrastrukturę służącą oczyszczaniu wody,
- X_{17} : modernizacje służące poprawie jakości wody,
- X_{19} : uzbrojenie obszarów wiejskich w infrastrukturę służącą ochronie środowiska,
- X_{20} : stacje oczyszczania wody,
- X_{23} : stosunek nakładów na modernizację do nakładów na nowe inwestycje w zakresie sanitacji i oczyszczania wody,
- X_{25} : nakłady na nowe inwestycje w zakresie gminnych składowisk odpadów.

W rezultacie zastosowania analizy korespondencji powstały dwie grupy województw (rys. 2). Jedną grupę utworzyło województwo podlaskie, w którym działania ochronne opisywane były przez zmienne X_4 , X_9 , X_{17} , X_{19} , X_{20} , X_{23} i X_{25} , natomiast w skład drugiej grupy weszły pozostałe województwa, które ułożone na wykresie blisko siebie reprezentowane były przez zmienną X_{10} .

W celu określenia kierunku zmian analizę korespondencji przeprowadzono również wykorzystując dane z 2005 r. (rys. 2). Rok 2005 wytypowano jako pierwszy okres po akcesji Polski do UE. W celu zachowania porównywalności do badania użyto zmiennych wytypowanych metodą Hellwiga z 2012 r. i podobnie, jak w poprzednim badaniu, województwa podzielono na dwie grupy. Do jednej trafiły lubuskie, warmińsko-mazurskie i podlaskie, które skupiły się wokół sześciu zmiennych. Drugą grupę tworzyły pozostałe województwa skupione wokół zmiennych centralnych X_{10} i X_{25} . Analizując uzyskane wyniki ustalono, że w 2005 r. między województwami istniały znacznie większe różnice na płaszczyźnie infrastruktury służącej ochronie środowiska obszarów wiejskich w Polsce aniżeli w 2012 r.

Tabela 2. Grupy województw wyznaczone w układzie dwóch czynników (wyniki analizy składowych głównych)
Table 2. Voivodship clusters determined on the basis of two-factor system (results of the principal component analysis)

Numer grupy	Nazwa grupy	2000	2003	2005	2012
		województwo			
1	województwa najmocniejsze	–	kujawsko-pomorskie	łódzkie	–
2	województwa mocne	kujawsko-pomorskie, lubelskie, łódzkie, mazowieckie, podlaskie, warmińsko-mazurskie, wielkopolskie, zachodniopomorskie	opolskie	kujawsko-pomorskie, mazowieckie, podlaskie, lubelskie	podkarpackie, małopolskie, śląskie
3	województwa dobre	lubuskie, pomorskie, świętokrzyskie	lubelskie, łódzkie, podlaskie, warmińsko-mazurskie, wielkopolskie	–	pomorskie
4	województwa przeciętne	dolnośląskie, małopolskie, opolskie	dolnośląskie, małopolskie, podkarpackie, śląskie	lubuskie, warmińsko-mazurskie, zachodniopomorskie	lubelskie, łódzkie, mazowieckie, opolskie, świętokrzyskie
5	województwa słabe	–	mazowieckie, lubuskie, pomorskie, świętokrzyskie, zachodniopomorskie	dolnośląskie, opolskie, pomorskie, świętokrzyskie, wielkopolskie, małopolskie, podkarpackie, śląskie	dolnośląskie, kujawsko-pomorskie, podlaskie, wielkopolskie, zachodniopomorskie, warmińsko-mazurskie
6	województwa bardzo słabe	podkarpackie, śląskie	–	–	lubuskie



Rys. 2. Wyniki analizy korespondencji – województwa a osiągnięty poziom rozwoju infrastruktury obszarów wiejskich w latach 2005 i 2012

Fig. 2. Results of correspondence analysis – voivodships and the level of infrastructure development in rural areas in the period 2005–2012

Dyskusja wyników

Przeprowadzone analizy dają obraz, jak w pierwszej dekadzie XXI wieku w poszczególnych województwach w Polsce zachodziły zmiany na płaszczyźnie inwestycji w zakresie wodociągowania i sanitacji obszarów wiejskich. Na potrzeby przeprowadzonej analizy poszczególnym obiektom (województwom) przypisano następujące numery: 1 – dolnośląskie, 2 – kujawsko-pomorskie, 3 – lubelskie, 4 – lubuskie, 5 – łódzkie, 6 – małopolskie, 7 – mazowieckie, 8 – opolskie, 9 – podkarpackie, 10 – podlaskie, 11 – pomorskie, 12 – śląskie, 13 – świętokrzyskie, 14 – warmińsko-mazurskie, 15 – wielkopolskie, 16 – zachodniopomorskie.

O stałym rozwoju infrastruktury służącej ochronie środowiska obszarów wiejskich świadczyły wyniki analizy głównych składowych. W miarę upływu czasu obserwuje się stopniowe nasylenie obszarów wiejskich w infrastrukturę służącą ich zwodociągowaniu i sanitacji. Ilość staje się problemem wtórnym do jakości inwestycji, czemu sprzyja postępujący rozwój stosowanych technologii. W rezultacie obserwuje się zmiany w ramach wyznaczonych grup województw. Na przestrzeni analizowanych dwunastu lat województwa systematycznie zamieniały się miejscami. Podkarpackie i śląskie z grupy najsłabszej trafiły do grupy mocnej, natomiast podlaskie spadło z grupy mocnej do słabej. W latach 2003 i 2005 żadne województwo nie trafiło do kategorii bardzo słabe, a w latach 2000 i 2012 nie odnotowano obiektów w grupie województw mocnych.

Na podstawie wyników hierarchicznej procedury aglomeracyjnej, korelacji rang Spearmana oraz analizy korespondencji można stwierdzić, że w badanym przedziale czasu nastąpiło ujednoczenie działającej na obszarach wiejskich infrastruktury służącej ochronie środowiska. Zastosowanie pierwszej metody pozwoliło zauważyć, że w kolejnych latach województwa grupowały się w coraz liczniejsze, jednorodne wewnętrznie klasy, których liczba zmniejszyła się w czasie badania z czternastu w pierwszym (2000) do trzech w ostatnim (2012) roku badania.

Wyznaczając korelację rang Spearmana w przypadku otrzymanych przy pomocy hierarchicznej procedury aglomeracyjnej uszeregowania województw uzyskano wartości współczynników, które wskazywały na istotne i stałe postępujące zmiany w przebudowie infrastruktury technicznej całego kraju.

O utrzymaniu tendencji rozwojowej w zakresie ochrony środowiska na obszarach wiejskich województw w Polsce i jej ujednoczeniu świadczyły również wyniki przeprowadzonej analizy korespondencji. Jeszcze w 2005 r. trzy województwa (lubuskie, podlaskie i warmińsko-mazurskie) odbiegały od większości województw w zakresie jakości infrastruktury technicznej reprezentowanej przez zmienne X_{10} i X_{25} . W 2012 r. dwa z nich (lubuskie i warmińsko-mazurskie) zrównały się z pozostałymi województwami. Co więcej – kategoria „jakość infrastruktury” zawężała się wówczas do jednej zmiennej X_{10} . Oznacza to, że niemal wszystkie województwa skupiły się w grupie związanej ze zmienną centralną wydzieloną metodą Hellwiga, nazwaną „jakość infrastruktury służącej oczyszczaniu wody”.

Analizując otrzymany rozkład obiektów (województwa) i cech (zmienne) w postaci 3D można w odniesieniu zarówno do 2005 r., jak i 2012 r. nadać poszczególnym wymiarom (x, y, z) reprezentację treściową. I tak w przypadku 2005 r. wymiar trzeci wiąże się najsilniej ze zmiennymi X_9 i X_{17} i wyznacza kierunek związany z kategorią „modernizacja”. Z kolei wymiar drugi reprezentuje kategorię „nakłady finansowe” związane z województwami 4, 10 i 14, które charakteryzują się najmniejszą gęstością zaludnienia. Wymiar pierwszy, który wyjaśnia aż 97% ogółu, można określić jako zmienną, która reprezentuje zasadniczą kategorię „stan sanitacji i zaopatrzenia w wodę obszarów wiejskich”. Analizując układ z 2012 r. widać, że wymiar 1 utrzymuje tendencję do stabilizacji, wymiar 2 dąży do stabilizacji, czyli połączenia z ogólnym stanem sanitacji i zaopatrzenia w wodę kraju, a wymiar 3 określa zmienne X_7 , X_8 , X_{11} oraz X_{14} , które łącznie reprezentują kategorię „nakłady i modernizacja o charakterze lokalnym”.

Podsumowanie

Stosując statystyczne metody wielowymiarowej analizy porównawczej do analizy danych w zakresie stanu zaopatrzenia w wodę i sanitacji obszarów wiejskich wykazano, że wraz z upływem czasu nastąpiła znacząca poprawa infrastruktury technicznej służącej ochronie środowiska, przy czym różnice pomiędzy poszczególnymi województwami w tym zakresie są coraz mniejsze. Wyniki ilościowe i jakościowe, otrzymane na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej, opartej na metodach wielowymiarowej analizy porównawczej, dostarczają znaczącą wiedzę merytoryczną przydatną w zakresie podejmowania decyzji o znaczeniu centralnym. Otrzymane wyniki wskazują na zmianę nastawienia kraju (pojedynczych odbiorców) do przypisywania znaczenia w zakresie ochrony środowiska w odniesieniu do wprowadzonych ustaw i czasu ich realizacji. Łączy się to ściśle z podstawowymi współcześnie rozumianymi funkcjami zarządzania w zakresie podejmowanych decyzji na szczeblu centralnym (np. w Ministerstwie Ochrony Środowiska).

Skowronek-Grądziel, A., Kolwzan, W., Dziubek, A.M. Application of Statistical Methods of Multivariate Comparative Analysis to Evaluation of Water Supply and Sanitation in Rural Areas for Individual Voivodships in Poland in the Period 2000–2012. *Ochrona Środowiska* 2015, Vol. 37, No. 2, pp. 27–32.

Abstract: Current level of development of technical infrastructure was diagnosed with regard to water supply and sanitation of rural areas in individual voivodships in Poland. Statistical methods of multivariate comparative analysis were applied (hierarchical agglomerative procedure, Spearman's rank correlation, principal component analysis and correspondence analysis) to analyze the data and identify

LITERATURA

1. A. SKOWRONEK-GRADZIEL, W. KOLWZAN, A.M. DZIUBEK: Zastosowanie statystycznych metod wielowymiarowej analizy porównawczej w zarządzaniu rozwojem zaopatrzenia w wodę i sanitacji obszarów wiejskich w Polsce w latach 2000–2012 (Multivariate statistical analysis of development in water supply and sanitation in rural areas in Poland in the period 2000–2012). *Ochrona Środowiska* 2014, vol. 36, nr 4, ss. 61–68.
2. F.E. KAST, J.E. ROSENZWEIG: Organization and Management: A System and Contingency Approach. McGraw-Hill, New York 1979.
3. A. SKOWRONEK-GRADZIEL: Differentiation of Expenditures on Environmental Protection Investments in Rural Areas of Lower Silesia. *Econometrics*, Publishing House of Wrocław University of Economics, Wrocław 2011, pp. 24–33.
4. T. PANEK: Statystyczne metody wielowymiarowej analizy porównawczej. Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 2009.
5. A. STANISZ: Przystępny kurs statystyki, t. 3. StatSoft, Kraków 2007.
6. T. GRABIŃSKI: Metody taksonometrii. Akademia Ekonomiczna, Kraków 1992.

trends for the period 2000–2012. It was demonstrated that there was a significant improvement with time in the environmental protection infrastructure in all the voivodships. Besides, differences across voivodships were noted to decrease continuously in the analyzed period. The quantitative and qualitative results received on the basis of statistical analysis were an important source of substantial knowledge. It could be applied for taking decisions at both local and central level with regard to the management of infrastructure development in rural areas.

Keywords: Water supply system, sewerage system, technical infrastructure, environment protection, correlation analysis.