



### Ewa Jankowska

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu  
Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania  
Katedra Ekonometrii i Statystyki  
ewaj@doktorant.umk.pl

## PRZESTRZENNO-CZASOWA ANALIZA ZRÓŻNICOWANIA POZIOMU ROZWOJU ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

**Streszczenie:** Produkcja energii ze źródeł odnawialnych (OZE) uwarunkowana jest m.in. czynnikami przyrodniczymi oraz ekonomicznymi, które mogą stwarzać dysproporcje między regionami. Celem badania jest ocena zróżnicowania poziomu rozwoju OZE w regionach w Polsce w latach 2008-2014. W badaniu wykorzystano metody wielowymiarowej analizy porównawczej, a w szczególności metody porządkowania liniowego obiektów opartych na zmiennych syntetycznych. Wyznaczenie bezwzorcowej miary rozwoju oraz taksonomicznej miary rozwoju pozwoliło stworzyć ranking obiektów według poziomu rozwoju badanego zjawiska oraz wyselekcjonować grupy regionów o podobnym poziomie rozwoju OZE. W przeprowadzonej analizie badanymi obiektami są regiony w Polsce, które zostały scharakteryzowane wybranymi cechami, opisującymi stopień wytwarzania energii z OZE.

**Słowa kluczowe:** porządkowanie liniowe, syntetyczne mierniki rozwoju, odnawialne źródła energii.

**JEL Classification:** C38, O13, O18.

### Wprowadzenie

Sektor energetyczny zajmujący się wytwarzaniem i przesyłaniem energii utożsamiany jest z gospodarczym krwioobiegami. Od jego stabilności uzależnione jest funkcjonowanie oraz rozwój poszczególnych gałęzi przemysłu. Kwestią strategiczną każdego państwa powinno być zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego, w szczególności w zakresie zaspokojenia zapotrzebowania na

energię, pozyskiwania energii w sposób opłacalny czy ograniczania negatywnego wpływu na środowisko.

Polska, jako jedno z państw członkowskich, zobowiązana jest do prowadzenia polityki zgodnej ze strategią Unii Europejskiej, co w kontekście polityki energetycznej oznacza zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii w całkowitej produkcji energii. Odnawialne źródła energii rozumiane są jako źródła wykorzystujące w procesie przetwarzania energię wiatru, energię promieniowania słonecznego, energię aerothermalną, geothermalną, hydrothermalną, hydroenergię, energię fal, prądów i pływów morskich, energię otrzymywaną z biomasy, biogazu, biogazu rolniczego oraz biopłynów [Ustawa o odnawialnych źródłach energii]. Zgodnie z przyjętą Dyrektywą 2009/28/WE, Polska zobowiązana jest do zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii w finalnym zużyciu energii co najmniej do poziomu 15% w 2020 r. oraz osiągnięcia 10% udziału biopaliw w sektorze transportowym w 2020 r. [Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE]. W 2010 r. w przedstawionym Krajowym Planie Działań określono, że największy wkład w realizację wyznaczonych celów będzie miała energia cieplna z OZE – ok. 55% całego wolumenu energii cieplnej ma być generowane w OZE. Produkcja energii elektrycznej z OZE ma stanowić ok. 26%, a odnawialne paliwa transportowe – ok. 19% [Krajowy Plan Działań..., 2010].

Z uwagi na możliwości techniczne i technologiczne, charakteryzujące zarówno dany obszar, jak i cały sektor energetyczny zajmujący się wytwarzaniem i przesyłaniem energii, podkreślić należy, że procesy rozwoju odnawialnych źródeł energii nie zachodzą równomiernie w przestrzeni [Szukalski i Malinowski, 2013]. W związku z powyższym jedną z istotnych kwestii stało się określenie poziomu rozwoju energii ze źródeł odnawialnych w poszczególnych województwach w Polsce. W badaniu rozwój OZE rozumiany jest jako proces przemian dokonujących się w energetyce, w wyniku którego następuje ciągły wzrost istotnych zmiennych. Jest to proces obejmujący m.in. zmiany dotyczące wzrostu wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych, inwestycji związanych z modernizacją, rozwojem i ochroną środowiska oraz innych wielkości ekonomicznych, charakteryzujących sektor energetyczny. Jego rezultatem jest systematyczne zwiększanie udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto i tym samym wypełnienie unijnych zobowiązań. W badaniu podjęto próbę odpowiedzi na pytanie: jak kształtowała się pozycja poszczególnych regionów w zakresie rozwoju OZE w latach 2008-2014. Przeprowadzenie analizy regionów pod względem poziomu rozwoju OZE jest istotne zarówno w związku z osiągnięciem celów wynikających z regulacji unijnych dla odna-

wialnych źródeł energii, jak i do podejmowania odpowiednich decyzji w skali kraju oraz regionów.

Celem badania jest ocena zróżnicowania poziomu rozwoju OZE w regionach w Polsce w latach 2008-2014. W badaniu wykorzystano metody wielowymiarowej analizy porównawczej, a w szczególności metody porządkowania liniowego obiektów opartych na zmiennych syntetycznych. Wyznaczenie bezwzorcowej miary rozwoju oraz taksonomicznej miary rozwoju, wykorzystującej wzorzec z próby, pozwoliło stworzyć ranking obiektów według poziomu rozwoju badanego zjawiska oraz sprawdzić, w jaki sposób stosowanie różnych metod wpływa na uzyskane wyniki.

Badanymi obiektami są województwa w Polsce w latach 2008-2014, które zostały scharakteryzowane za pomocą 21 cech diagnostycznych, opisujących stopień wytwarzania energii z OZE. Należy podkreślić, że każdy dobór zmiennych jest zarówno wypadkową dostępności danych, jak i arbitralnych decyzji badacza. Wynik analizy uzależniony jest zatem od tego, jakie zmienne i w jaki sposób zostały wykorzystane.

## 1. Metodyka badania

W badaniach naukowych otaczająca nas rzeczywistość ekonomiczna opisywana jest w ujęciu dynamicznym przez trójwymiarową macierz danych  $X = [x_{ij}]$ , które tworzą zbiór następujących elementów: obiekty badawcze, cechy diagnostyczne, jednostki czasu. Jednym z podstawowych narzędzi służących do ustalenia relacji między badanymi obiektami, opisanymi za pomocą zestawu cech diagnostycznych, jest taksonomia. W badaniu rozwoju odnawialnych źródeł energii w województwach zastosowano metody porządkowania liniowego obiektów oparte na zmiennych syntetycznych. Metody te polegają na rzutowaniu obiektów z wielowymiarowej przestrzeni cech opisujących te obiekty na pewną prostą [Hellwig, 1968]. Dzięki wykorzystaniu tych metod możliwe jest uszeregowanie obiektów pod względem badanego zjawiska oraz stworzenie hierarchii województw, które będą uporządkowane według malejących wartości syntetycznych mierników rozwoju poszczególnych obiektów. W przeprowadzonym badaniu do konstrukcji rankingu województw wykorzystano dwa mierniki syntetyczne:

- bezwzorcową miarę rozwoju,
- taksonomiczną miarę rozwoju, wykorzystującą wzorzec z próby.

W metodach bezwzorcowych do wyznaczenia zmiennej syntetycznej służy funkcja znormalizowanych cech diagnostycznych. W metodach tych konstrukcja zmiennej syntetycznej zależy od normalizacji. W przeprowadzonej analizie w celu uzyskania syntetycznego miernika obliczone zostały wartości średnie unormowanych cech opisujących obiekty, wykorzystując agregację wartości zmiennych, zgodnie z następującą formułą:

$$BMR_{it} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m z_{ijt}, \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; t = 1, 2, \dots, T) \quad (1)$$

gdzie:

$BMR_{it}$  – wartość zmiennej syntetycznej dla  $i$ -tego obiektu w  $t$ -tym okresie,  
 $z_{ijt}$  – unormowane wartości  $j$ -tej zmiennej dla  $i$ -tego obiektu w  $t$ -tym okresie,  
 $m$  – liczba zmiennych diagnostycznych.

Istotnym etapem poprzedzającym konstruowanie syntetycznego miernika jest zamiana destymulant na stymulanty i normalizacji zmiennych diagnostycznych. W przeprowadzonym badaniu destymulanty (D) przekształcono na stymulanty (S) poprzez odwrócenie wartości ich cech:

$$x_{ijt}^* = \frac{1}{x_{ijt}^D} \quad (2)$$

gdzie:

$x_{ijt}^D$  – wartość  $j$ -tej zmiennej dla  $i$ -tego obiektu w  $t$ -tym okresie o charakterze destymulanty,  
 $x_{ijt}^*$  – wartość  $j$ -tej zmiennej dla  $i$ -tego obiektu w  $t$ -tym okresie po przekształceniu na stymulantę.

Natomiast w przypadku procedur normalizacji zmiennych zastosowano przekształcenie ilorazowe, w którym punktem odniesienia jest wartość maksymalna danej zmiennej z roku bazowego (pierwszy rok analizy):

$$z_{ijt} = \frac{x_{ijt}}{\max_j x_{j0}} \quad (3)$$

gdzie:

$z_{ijt}$  – unormowana wartość  $j$ -tej zmiennej dla  $i$ -tego obiektu w  $t$ -tym okresie,  
 $x_{ijt}$  – wartość  $j$ -tej zmiennej dla  $i$ -tego obiektu w  $t$ -tym okresie,  
 $x_{j0}$  – wartość  $j$ -tej zmiennej w roku bazowym.

Przekształcenie ilorazowe umożliwia zachowanie zróżnicowanej wariancji cech oraz proporcji między znormalizowanymi i pierwotnymi wartościami zmiennej [Suchecki (red.), 2010].

W metodach wzorcowych do wyznaczenia zmiennej syntetycznej wykorzystywany jest tzw. obiekt wzorcowy o pożądanych wartościach zmiennych. Miara

syntetyczna konstruowana jest na podstawie obliczenia odległości taksonomicznych między obiektem wzorcowym a poszczególnymi badanymi obiektami. W przeprowadzonej analizie wykorzystano syntetyczną miarę Hellwiga w postaci [Hellwig, 1968]:

$$TMR_{it} = 1 - \frac{d_{it}}{\bar{d}_t + 2 * S_{d_t}}, (i = 1, 2, \dots, n; t = 1, 2, \dots, T) \quad (4)$$

gdzie:

$TMR_{it}$  – wartość zmiennej syntetycznej dla i-tego obiektu w t-tym okresie,

$d_{it}$  – odległość i-tego obiektu od obiektu wzorcowego w t-tym okresie,

$\bar{d}_t$  – średnia arytmetyczna taksonomicznych odległości w t-tym okresie,

$S_{d_t}$  – odchylenie standardowe taksonomicznych odległości w t-tym okresie.

W celu wyznaczenia taksonomicznego miernika rozwoju najpierw określono charakter zmiennych. W kolejnym etapie analizy dokonano normalizacji zmiennych. W badaniu, aby doprowadzić zmienne do porównywalności cech o różnych mianach, zastosowano standaryzację według formuły:

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

gdzie:

$z_{ijt}$  – unormowana wartość j-tej zmiennej dla i-tego obiektu w t-tym okresie,

$x_{ijt}$  – wartość j-tej zmiennej dla i-tego obiektu w t-tym okresie,

$\bar{x}_j$  – średnia wartość j-tej zmiennej w t-tym okresie,

$S_j$  – odchylenie standardowe j-tej zmiennej.

Następnie ustalono współrzędne obiektu wzorcowego, dla którego przyjęto górny wzorzec rozwoju (najkorzystniejszymi wartościami cech diagnostycznych w przypadku stymulant są wartości maksymalne, a destymulant – wartości minimalne).

W etapie poprzedzającym wyznaczenie wartości syntetycznej miary rozwoju, określono odległości poszczególnych obiektów od obiektu wzorcowego. W tym celu wykorzystano odległość euklidesową według formuły [Hellwig, 1968]:

$$d_{it} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (z_{ijt} - z_{0jt})^2} \quad (6)$$

gdzie:

$z_{ijt}$  – unormowana wartość j-tej zmiennej dla i-tego obiektu w t-tym okresie,

$z_{0jt}$  – unormowana wartość j-tej zmiennej dla obiektu wzorcowego w t-tym okresie.

Oba syntetyczne mierniki rozwoju wyznaczone metodą bezwzorcową oraz wzorcową przyjmują najczęściej wartości z przedziału  $[0, 1]$  i im wyższą osiągniętą wartość, tym wyższy jest poziom rozwoju danego obiektu, czyli zajmuje on wyższą pozycję w rankingu [Nowak, 1990].

W przeprowadzonej analizie, na podstawie kryterium malejących wartości mierników syntetycznych, sporządzono ranking badanych obiektów. Uporządkowane w ten sposób wartości mierników pozwoliły podzielić obiekty ze względu na poziom badanego zjawiska na 4 rozłączne grupy, obejmujące obiekty o wartościach miernika rozwoju z następujących przedziałów [Nowak, 1990]:

- grupa I – bardzo wysoki poziom rozwoju dla  $MR_{it} \in [\overline{MR}_t + S_{MR_t}; 1]$ ,
- grupa II – wysoki poziom rozwoju dla  $MR_{it} \in [\overline{MR}_t; \overline{MR}_t + S_{MR_t})$ ,
- grupa III – przeciętny poziom rozwoju dla  $MR_{it} \in [\overline{MR}_t - S_{MR_t}; \overline{MR}_t)$ ,
- grupa IV – niski poziom rozwoju dla  $MR_{it} \in [0; \overline{MR}_t - S_{MR_t})$ ,

gdzie:

$MR_{it}$  – wartości syntetycznego miernika rozwoju w  $i$ -tym obiekcie w  $t$ -tym okresie,

$\overline{MR}_t$  – wartość średnia miernika w  $t$ -tym czasie,

$S_{MR_t}$  – odchylenie standardowe miernika w  $t$ -tym czasie.

Istotnym etapem poprzedzającym podział obiektów na grupy było rozstrzygnięcie kwestii, czy za pomocą obliczonych mierników można poprawnie rozpoznać obiekty z punktu widzenia poziomu ich rozwoju. Do oceny przydatności różnych mierników rozwoju posłużono się współczynnikiem  $G_i$  [Sokołowski, 1985]:

$$G_i = 1 - \sum_{i=1}^{n-1} \min \left\{ \frac{MR_i - MR_{i+1}}{R}, \frac{1}{n-1} \right\} \quad (7)$$

gdzie:

$R = \max_i \{MR_i\} - \min_i \{MR_i\}$ ,

$MR_i, MR_{i+1}$  – uporządkowane malejąco wartości syntetycznego miernika rozwoju w  $i$ -tym obiekcie,

$n$  – liczba obiektów.

Współczynnik  $G_i$  przyjmuje wartości z przedziału  $[0, 1 - \frac{1}{n-1}]$  i jego wysokie wartości oznaczają dużą zdolność syntetycznego miernika do grupowania porównywalnych obiektów.

## 2. Klasyfikacja województw w świetle analizy wielowymiarowej

Badanie empiryczne przeprowadzono w oparciu o materiał statystyczny, pochodzący z raportów i opracowań Urzędu Regulacji Energetyki oraz Agencji Rynku Energii S.A. Dane wykorzystane w badaniu mają charakter czasowo-

-przeznaczony i dotyczą 16 województw w Polsce w latach 2008-2014. Celem oceny rozwoju poziomu OZE wybrano 21 cech diagnostycznych, które dotyczą systemu elektroenergetycznego i systemu ciepłowniczego, obejmujących bilanse energii, produkcje oraz zużycie energii, moce, długości rurociągów, ceny i koszty wytwarzania energii.

Potencjalny zestaw 21 cech diagnostycznych został poddany procedurze weryfikacji statystycznej ze względu na ich wartość informacyjną (zmiennosc względem badanych obiektów), potencjał informacyjny (brak nadmiernego skorelowania ze zmiennymi), asymetryczność rozkładu. Redukcja zmiennych została przeprowadzona w oparciu o współczynnik zmienności (eliminacja zmiennych, dla których współczynnik przyjmował wartości niższe niż 10%), współczynnik korelacji liniowej (eliminacja zmiennych, dla których współczynnik przyjmował wartości wyższe niż 0,7) współczynnik asymetrii (eliminacja zmiennych, których rozkład nie jest asymetryczny). Ostateczny zestaw zmiennych diagnostycznych, który wykorzystano do wyznaczenia syntetycznych mierników rozwoju, zaprezentowano w tab. 1.

**Tabela 1.** Zestaw zmiennych diagnostycznych

Zmienna	Opis zmiennej	Typ*
X <sub>1</sub>	Udział produkcji energii elektrycznej z OZE w produkcji energii elektrycznej ogółem w regionie [%]	S
X <sub>2</sub>	Stosunek produkcji energii elektrycznej z OZE do zużycia energii elektrycznej ogółem w regionie [%]	S
X <sub>3</sub>	Produkcja energii elektrycznej z OZE [GWh]	S
X <sub>4</sub>	Zainstalowana moc elektryczna w OZE [MW]	S
X <sub>5</sub>	Zużycie energii elektrycznej ogółem na 1 mieszkańca [kWh/os]	S
X <sub>6</sub>	Intensywność emisji CO <sub>2</sub> w produkcji energii elektrycznej ogółem [%]	D
X <sub>7</sub>	Udział produkcji energii cieplnej z OZE w produkcji energii cieplnej ogółem [%]	S
X <sub>8</sub>	Udział mocy zainstalowanej w ogólnej mocy zainstalowanej w elektrowniach [%]	S
X <sub>9</sub>	Intensywność emisji CO <sub>2</sub> [tona/TJ]	D
X <sub>10</sub>	Długość sieci ciepłowniczej na jedno przedsiębiorstwo ciepłownicze [km]	S
X <sub>11</sub>	Nakłady inwestycyjne związane z wytwarzaniem ciepła [tys. zł /1 MW]	S
X <sub>12</sub>	Nakłady inwestycyjne związane z przesyłaniem i dystrybucją ciepła [tys. zł /1 MW]	S

\* S – stymulanta,

D – destymulanta.

W tabeli 2 przedstawiono wartości syntetycznego miernika rozwoju dla poszczególnych województw w latach 2008-2014, który został wyznaczony zgodnie z formułą (1). Na podstawie danych zawartych w tabeli najwyższe wartości syntetycznego miernika rozwoju w latach 2008-2011 odnotowano w województwie kujawsko-pomorskim, a w latach 2012-2014 – w województwie zachodnio-pomorskim. Zwiększenie wartości zmiennej syntetycznej, opisującej poziom rozwoju OZE w województwie zachodnio-pomorskim, wynika przede wszystkim

ze zwiększenia zainstalowanej mocy elektrycznej z OZE z ok. 240 MW w 2008 r. do prawie 1200 MW w 2014 r. Wpłynęło to bezpośrednio na zwiększenie produkcji energii elektrycznej z OZE z ok. 700 GWh w 2008 r. do ponad 3000 GWh w 2014 r. Wysoka wartość miernika rozwoju w województwie kujawsko-pomorskim wiąże się zarówno ze zwiększeniem zainstalowanej mocy elektrycznej z OZE średnio o 50 MW rocznie, jak i dużym udziałem produkcji energii cieplnej z OZE w produkcji energii cieplnej ogółem. Województwa, które charakteryzują się najniższą wartością syntetycznego miernika rozwoju w badanym okresie, to województwo lubelskie, podkarpackie i opolskie.

**Tabela 2.** Wartość bezwzorcowej syntetycznej miary rozwoju

Kod	Rok						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
DLS	0,4106	0,4318	0,4921	0,5188	0,5477	0,5233	0,5837
KPM	0,6810	0,7538	0,8778	0,8922	0,8505	0,9847	0,9919
LBL	0,2336	0,2206	0,2545	0,2833	0,2975	0,2617	0,2570
LBU	0,3721	0,4159	0,4159	0,4485	0,4495	0,4792	0,5439
LDZ	0,3355	0,3548	0,3849	0,4714	0,5558	0,6019	0,6443
MLP	0,4858	0,4864	0,4773	0,4924	0,5003	0,4625	0,5189
MAZ	0,4523	0,4841	0,5221	0,5594	0,6047	0,6443	0,7469
OPL	0,3390	0,3434	0,3484	0,3751	0,3771	0,4144	0,4815
PKR	0,3516	0,3641	0,3986	0,3885	0,4152	0,4164	0,4621
PDL	0,3355	0,4383	0,4317	0,5238	0,6599	0,6959	0,6300
POM	0,5660	0,5727	0,5474	0,5729	0,6484	0,7268	0,8203
SLK	0,4207	0,5051	0,5352	0,5980	0,6421	0,6178	0,6472
SWK	0,4520	0,4129	0,4339	0,4286	0,5705	0,6437	0,7781
WMZ	0,2753	0,3289	0,3277	0,5485	0,6272	0,6039	0,6543
WKP	0,3705	0,3711	0,4522	0,4998	0,5328	0,5772	0,6413
ZPM	0,4385	0,4808	0,5730	0,7507	0,9499	1,0079	1,1088
Ve	26,86%	27,48%	29,78%	27,73%	28,42%	32,17%	31,27%
As	0,9426	1,0033	1,5985	1,0757	0,6435	0,6782	0,4880
Rozstęp	0,4473	0,5332	0,6233	0,6088	0,6524	0,7462	0,8518
Min	0,2336	0,2206	0,2545	0,2833	0,2975	0,2617	0,2570
Max	0,6810	0,7538	0,8778	0,8922	0,9499	1,0079	1,1088

\* Kod województwa: DLS – dolnośląskie, KPM – kujawsko-pomorskie, LBL – lubelskie, LBU – lubuskie, LDZ – łódzkie, MLP – małopolskie, MAZ – mazowieckie, OPL – opolskie, PKR – podkarpackie, PDL – podlaskie, POM – pomorskie, SLK – śląskie, SWK – świętokrzyskie, WMZ – warmińsko-mazurskie, WKP – wielkopolskie, ZPM – zachodniopomorskie; Ve – współczynnik zmienności, As – współczynnik asymetrii.

Klasyczny współczynnik zmienności dla syntetycznego miernika poziomu rozwoju OZE wyniósł ok. 27% w 2008 r. i jego wartość wzrastała, osiągając poziom ponad 31% w 2014 r., co może świadczyć o umiarkowanym zróżnicowaniu poziomu rozwoju OZE. Analizując wartości klasycznego współczynnika asymetrii dla syntetycznego miernika poziomu rozwoju OZE, można stwierdzić, że w całym badanym okresie występowała asymetria prawostronna. Oznacza to,



że w Polsce przeważa liczba województw o niskim poziomie rozwoju OZE. Warto również zwrócić uwagę na kształtowanie się wartości rozstępu zmiennej syntetycznej. Nieustanny wzrost jego wartości może oznaczać, że zwiększa się dystans pomiędzy liderem a regionami, które charakteryzują się niskim poziomem rozwoju OZE.

W tabeli 3 przedstawiono wartości syntetycznego miernika rozwoju dla poszczególnych województw w latach 2008-2014, który został wyznaczony zgodnie z formułą (4). Na podstawie danych zawartych w tabeli, najwyższe wartości syntetycznego miernika rozwoju w badanym okresie, oprócz roku 2012, odnotowano w województwie kujawsko-pomorskim. W dwóch ostatnich latach badanego okresu wysokie wartości miernika odnotowano również w województwach mazowieckim, pomorskim i zachodniopomorskim. Najniższe wartości taksonomicznej miary rozwoju odnotowano, podobnie jak w wypadku bezwzorcowej syntetycznej miary rozwoju, w województwach lubelskim, podkarpackim i opolskim.

**Tabela 3.** Wartość taksonomicznej miary rozwoju Hellwiga

Kod	Rok						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
DLS	0,1385	0,1446	0,2178	0,2382	0,2614	0,2139	0,2478
KPM	0,2404	0,2503	0,3309	0,3475	0,2974	0,3483	0,3762
LBL	0,0029	-0,0055	0,0227	0,0344	0,0524	0,0293	0,0235
LBU	0,1118	0,1105	0,1577	0,1672	0,1706	0,1906	0,2511
LDZ	0,0692	0,0821	0,0898	0,1431	0,1988	0,2830	0,2958
MLP	0,2161	0,2144	0,1847	0,1798	0,1868	0,1932	0,2050
MAZ	0,1772	0,1990	0,2232	0,2365	0,2477	0,2843	0,3634
OPL	0,0874	0,0748	0,0845	0,0962	0,0917	0,1145	0,1577
PKR	0,0792	0,0726	0,0907	0,1040	0,1169	0,1104	0,1366
PDL	0,0679	0,1184	0,1174	0,1883	0,2400	0,2317	0,2294
POM	0,2191	0,2340	0,2198	0,2039	0,2528	0,3089	0,3630
SLK	0,1050	0,1598	0,1752	0,2237	0,2511	0,2680	0,2830
SWK	0,1318	0,1048	0,1220	0,1043	0,1705	0,1697	0,2032
WMZ	0,0133	0,0374	0,0391	0,1632	0,1872	0,1938	0,2271
WKP	0,1199	0,1177	0,1347	0,1702	0,1685	0,1947	0,2326
ZPM	0,1234	0,1268	0,2129	0,2957	0,3583	0,3011	0,3419
Ve	57,73%	55,43%	52,65%	43,31%	38,30%	39,15%	37,99%
As	0,1940	0,1269	0,4004	0,2902	-0,0742	-0,5089	-0,6269
Rozstępn	0,2375	0,2557	0,3082	0,3132	0,3059	0,3190	0,3527
Min	0,0029	-0,0055	0,0227	0,0344	0,0524	0,0293	0,0235
Max	0,2404	0,2503	0,3309	0,3475	0,3583	0,3483	0,3762

\* Kod województwa: DLS – dolnośląskie, KPM – kujawsko-pomorskie, LBL – lubelskie, LBU – lubuskie, LDZ – łódzkie, MLP – małopolskie, MAZ – mazowieckie, OPL – opolskie, PKR – podkarpackie, PDL – podlaskie, POM – pomorskie, SLK – śląskie, SWK – świętokrzyskie, WMZ – warmińsko-mazurskie, WKP – wielkopolskie, ZPM – zachodniopomorskie; Ve – współczynnik zmienności, As – współczynnik asymetrii.

Klasyczny współczynnik zmienności dla taksonomicznej miary rozwoju, w przeciwieństwie do poprzedniej syntetycznej miary rozwoju, wyniósł ok. 58%

w 2008 r. i w badanym okresie jego wartość zmniejszała się, osiągając w 2014 r. poziom 38%. Na podstawie klasycznego współczynnika asymetrii można stwierdzić, że w latach 2008-2012 występowała asymetria prawostronna, a od 2013 r. – lewostronna. Oznaczać to może, że w Polsce przeważa liczba województw o poziomie rozwoju większym od przeciętnego.

**Tabela 4.** Wartość współczynnika  $G_i$  dla poszczególnych miar rozwoju

Współczynnik $G_i$	Rok						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
$BMR_{it}$	0,5839	0,6016	0,5904	0,5490	0,4817	0,4888	0,4343
$TMR_{it}$	0,5243	0,4371	0,4704	0,4630	0,4651	0,4533	0,4293

Analizując wartość rozstępu, można zaobserwować, że zwiększa się dysproporcja między regionami o wysokim i niskim poziomie rozwoju.

Zanim podzielono województwa na grupy, typologiczne dokonano oceny zdolności wyznaczonego miernika rozwoju do grupowania badanych jednostek, zgodnie z formułą (7). Otrzymane wyniki przedstawiono w tab. 4. Wysokie wartości współczynnika  $G_i$  wskazują na dużą zdolność poszczególnych syntetycznych miar rozwoju do grupowania porównywanych obiektów. W obu przypadkach współczynnik jest wysoki, co oznacza, że obie miary rozwoju charakteryzują się dobrą zdolnością do podziału województw na grupy w kolejnych latach.

**Tabela 5.** Ranking województw przeprowadzony na podstawie syntetycznych mierników rozwoju

Gr.	Bezwzorcowa miara rozwoju							Taksonomiczna miara rozwoju Hellwiga						
	Rok							Rok						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
I	KPM	KPM	KPM	KPM	ZPM	ZPM	ZPM	KPM	KPM	KPM	KPM	ZPM	KPM	KPM
	POM	POM	ZPM	ZPM	KPM	KPM	KPM	POM	POM	MAZ	ZPM	KPM	POM	MAZ
II	MLP	SLK	POM	SLK	PDL	POM	POM	MLP	MLP	POM	DLS	DLS	ZPM	POM
	MAZ	MLP	SLK	POM	POM	PDL	SWK	MAZ	MAZ	DLS	MAZ	POM	MAZ	ZPM
	SWK	MAZ	MAZ	MAZ	SLK	MAZ	MAZ	DLS	SLK	ZPM	SLK	SLK	LDZ	LDZ
	ZPM	ZPM	DLS	WMZ	WMZ	SWK	WMZ	SWK	DLS	MLP	POM	MAZ	SLK	SLK
	SLK	PDL	MLP	PDL	MAZ	SLK	SLK	ZPM	ZPM	SLK	PDL	PDL	PDL	LBU
	DLS	DLS	WKP	DLS	SWK	WMZ	LDZ	WKP	PDL	LBU	MLP	LDZ	DLS	DLS
III	LBU	LBU	SWK	WKP	LDZ	LDZ	WKP	LBU	WKP	WKP	WKP	WMZ	WKP	WKP
	WKP	SWK	PDL	MLP	DLS	WKP	PDL	SLK	LBU	SWK	LBU	MLP	WMZ	PDL
	PKR	WKP	LBU	LDZ	WKP	DLS	DLS	OPL	SWK	PDL	WMZ	LBU	MLP	WMZ
	OPL	PKR	PKR	LBU	MLP	LBU	LBU	PKR	LDZ	PKR	LDZ	SWK	LBU	MLP
	LDZ	LDZ	LDZ	SWK	LBU	MLP	MLP	LDZ	OPL	LDZ	SWK	WKP	SWK	SWK
	PDL	OPL	OPL	PKR	PKR	PKR	OPL	PDL	PKR	OPL	PKR	PKR	OPL	OPL
IV	WMZ	WMZ	WMZ	OPL	OPL	OPL	PKR	WMZ	WMZ	WMZ	OPL	OPL	PKR	PKR
	LBL	LBL	LBL	LBL	LBL	LBL	LBL	LBL	LBL	LBL	LBL	LBL	LBL	LBL

\* Kod województwa: DLS – dolnośląskie, KPM – kujawsko-pomorskie, LBL – lubelskie, LBU – lubuskie, LDZ – łódzkie, MLP – małopolskie, MAZ – mazowieckie, OPL – opolskie, PKR – podkarpackie, PDL – podlaskie, POM – pomorskie, SLK – śląskie, SWK – świętokrzyskie, WMZ – warmińsko-mazurskie, WKP – wielkopolskie, ZPM – zachodniopomorskie.

W tabeli 5 przedstawiono ranking województw wraz z podziałem na grupy typologiczne: grupa I – bardzo wysoki poziom rozwoju, grupa II – wysoki poziom rozwoju, grupa III – przeciętny poziom rozwoju, grupa IV – niski poziom rozwoju. Wyniki przeprowadzonej analizy wskazują, że w zależności od sposobu tworzenia zmiennej syntetycznej można otrzymać różne rankingi województw. Najmniej liczne grupy stanowią województwa zaklasyfikowane do I i IV grupy. Warto zauważyć, że skład tych poszczególnych grup w kolejnych badanych latach nieznacznie się zmienia. Najbardziej liczną grupę stanowią województwa sklasyfikowane do III grupy, które charakteryzują się przeciętnym poziomem rozwoju OZE.

### Podsumowanie

Wielowymiarowa analiza porównawcza, przeprowadzona za pomocą metody bezwzorcowej i metody wzorcowej, pozwoliła na ocenę stopnia zróżnicowania poziomu rozwoju odnawialnych źródeł energii w województwach w Polsce w latach 2008-2014. Przeprowadzone analizy wskazują na umiarkowany stopień zróżnicowania rozwoju OZE. Na podstawie wartości syntetycznych mierników rozwoju we wszystkich województwach w badanym okresie nastąpił wzrost poziomu rozwoju OZE. Wysokie wartości syntetycznych mierników rozwoju odnotowano w grupie województw: kujawsko-pomorskie, zachodniopomorskie, pomorskie. Na tle wszystkich województw regiony południowo-wschodniej części Polski (województwo lubelskie i podkarpackie) charakteryzowały się najniższym poziomem rozwoju odnawialnych źródeł energii. Może być to związane z niekorzystnymi warunkami naturalnymi.

### Literatura

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE (Dz.U. UE L 9.140.16).
- Hellwig Z. (1968), *Zastosowanie metody taksonomicznej do typologicznego podziału krajów ze względu na poziom ich rozwoju oraz zasoby i strukturę wykwalifikowanych kadr*, „Przegląd Statystyczny”, nr 4, s. 307-327.
- Krajowy Plan Działań w zakresie energii ze źródeł odnawialnych (2010), Ministerstwo Gospodarki, Warszawa.
- Nowak E. (1990), *Metody taksonomiczne w klasyfikacji obiektów społeczno-gospodarczych*, PWE, Warszawa.

Sokołowski A. (1985), *Wybrane zagadnienia pomiaru i ważenia cech w taksonomii*, „Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie”, nr 203, s. 41-53.

Suchecki B. (red.) (2010), *Ekonometria przestrzenna. Metody i modele analizy danych przestrzennych*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa.

Szukalski S.M., Malinowski S. (2013), *Energia odnawialna – technologia, ekonomia, finansowanie*, Fundacja Centrum Wspierania Przedsiębiorczości, Poddębice.

Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2015, poz. 478).

### MEASURES OF DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

**Summary:** Energy production from renewable energy sources (RES) is conditioned by, among others, environmental and economic factors, that may create disproportions between regions, as to the energy production from RES. The aim of the study is an evaluation of diversification of the level of development of RES in regions in Poland in the years 2008-2014 on the basis of comparative analysis, and especially the methods of linear ordering of objects, based on synthetic variables. Determining patternless measure of development and taxonomical measure of development, making use of a pattern from a sample, allowed to create a ranking of objects according to the level of development of analyzed phenomenon and to select groups of regions with similar level of development of RES. In the performed analysis, the analyzed objects are regions in Poland, that were characterized by chosen features describing the level of energy production from RES.

**Keywords:** linear ordering, synthetic development measures, renewable energy sources.