

## WYKORZYSTANIE ANALIZY WIELOWYMIAROWEJ DO BADANIA ZRÓŻNICOWANIA POTENCJAŁU INNOWACYJNEGO POLSKI

**Michał Kościółek**

Katedra Ekonomii, Politechnika Rzeszowska  
e-mail: mkos@prz.edu.pl

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wykorzystanie metod analizy wielowymiarowej za pomocą, których został zbadany potencjał innowacyjny Polski. Z wielu czynników wpływających na rozwój oraz utrzymanie potencjału gospodarczego wybrano 5 cech. Na podstawie wybranych cech dokonano badania metodą unitaryzacji zerowanej oraz metodą Hellwiga. Badanie wykazało, że wybór metody do analizy wielowymiarowej ma niewielki wpływ na grupowanie poszczególnych obszarów na terenie Polski. Rankingi różniły się w przypadku regionów najsłabiej rozwiniętych.

**Słowa kluczowe:** analiza wielowymiarowa, metoda unitaryzacji zerowanej, metoda Hellwiga, potencjał gospodarczy, klasyfikacja

### WSTĘP

Rozwój rozumiany jest jako proces przemian, który w końcowym efekcie ma doprowadzić do osiągnięcia lepszego, pod pewnym względem doskonalszego stanu. Proces ten zachodzi w czasie<sup>1</sup>. Obecnie rozwój jest podstawą każdej rozwijającej się cywilizacji. Aby móc konkurować z innymi podmiotami muszą zachodzić procesy rozwojowe, które pozwalają między innymi na obniżenie kosztów czy zastosowanie innowacyjnych rozwiązań. To z kolei wpływa na wzrost i rozwój gospodarczy, który prowadzi do polepszenia standardów życia, polepszenia sytuacji socjalnej a przede wszystkim do zwiększenia produkcji oraz zapewnienia lepszego bezpieczeństwa ekonomicznego. Należy zwrócić również uwagę na dysproporcje w rozwoju gospodarczym poszczególnych regionów a ich potencjałem innowacyjnym.

---

<sup>1</sup> Leksykon PWN (2015) <http://sjp.pwn.pl/sjp/rozwoj;2517638.html>

Potencjał innowacyjny wielu podmiotów można badać wieloma metodami analizy wielowymiarowej. Celem opracowania jest określenie potencjału rozwojowego poszczególnych województw w Polsce. Dla określonego w pracy celu zostanie zweryfikowana hipoteza: potencjał innowacyjny województw najbardziej rozwiniętych będzie taki sam niezależnie od zastosowanej metody badawczej.

## ZASTOSOWANE METODY BADAWCZE

W artykule zostały zastosowane metody analizy wielowymiarowej pozwalające na stworzenie rankingów. Do analizy wybrano dwie metody:

- metodę unitaryzacji zerowanej,
- metodę Hellwiga.

Pierwszą z zastosowanych metod jest metoda unitaryzacji zerowanej. Metoda ta polega na porównywaniu wielu obiektów za pomocą wybranych kryteriów. Kryteria te mogą być wyrażone przez różne wielkości. Metoda unitaryzacji zerowanej ma na celu unormowanie tych kryteriów. W tej metodzie wykorzystywane są zarówno elementy, które charakteryzują się dodatnią korelacją ze zmienną objaśnianą (stymulanty) oraz elementy które charakteryzują się ujemną korelacją ze zmienną objaśnianą (destymulanty) [Kukuła 2012]. Normowanie zmiennych odbywa się za pomocą wzorów [Kukuła 2000]:

$$z_{ij} = \frac{\max_i x_{ij} - x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (i = 1, 2, \dots, r; j = 1, 2, \dots, s) \quad (1)$$

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (i = 1, 2, \dots, r; j = 1, 2, \dots, s) \quad (2)$$

Wzór (1) pokazuje jak są normowane cechy w przypadku destymulant, natomiast wzór (2) pokazuje sposób normowania zmiennych zwanych stymulantami. Dzięki normowaniu cech za pomocą powyższych wzorów tworzona jest macierz. Macierz ta pozwala na uszeregowanie podmiotów oraz stworzenie rankingów.

Kolejną metodą zastosowaną w artykule jest metoda Hellwiga. Metoda ta jest jedną z powszechnie stosowanych metod taksonomicznych. Oblicza się ją jako syntetyczny wskaźnik taksonomicznej odległości wybranego obiektu od teoretycznego wzorca rozwoju. Taksonomiczny miernik rozwoju Hellwiga pozwala uporządkować podmioty, każdy z tych podmiotów jest opisany zbiorem cech diagnostycznych, zwanych stymulantami lub destymulantami [Nowak 1990].

Zbiór obiektów może zostać przedstawiony za pomocą macierzy:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

gdzie  $x_{ij}$  – oznacza wartości  $j$ -tej cechy dla  $i$ -tego obiektu ( $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $j = 1, 2, \dots, m$ ).

Kolejnym etapem jest ujednoczenie zmiennych, które dokonuje się poprzez standaryzację wykorzystując wzór:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j} \quad (j=1,2 \dots m) \quad (3)$$

Po wykonaniu standaryzacji za pomocą wzoru (3) otrzymujemy macierz:

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1m} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{n1} & z_{n2} & \dots & z_{nm} \end{bmatrix}$$

gdzie:  $z_{ij}$  jest zestandaryzowaną wartością  $x_{ij}$

Za pomocą powyższej macierzy można określić tzw. wzorzec rozwoju czyli abstrakcyjny obiekt  $P_0$  o współrzędnych standaryzowanych  $z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0j}$ , gdzie  $z_{0j} = \max\{z_{ij}\}$ , gdy  $Z_j$  jest stymulantą oraz gdy  $z_{0j} = \min\{z_{ij}\}$ , gdy  $Z_j$  jest destymulantą [Grabiński 2003].

Z powyższego wynika, iż za wzorzec wybiera się hipotetycznie obiekt o najlepszych zaobserwowanych wartościach. Kolejnym etapem jest wyznaczenie dla każdego obiektu odległości od wzorca stosując poniższe wzory [Młodak 2006]:

$$d_i = 1 - \frac{D_{i0}}{D_0}, \quad (i=1,2 \dots n) \quad (4)$$

gdzie:

$$D_{i0} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_{0j})^2} \quad (5)$$

(odległość  $i$ -tego obiektu od obiektu  $P_0$ )

$$D_0 = \bar{D}_0 + 2S_0 \quad (6)$$

$$\bar{D}_0 = n^{-1} \sum_{i=1}^n D_{i0} \quad (7)$$

$$S_0 = \sqrt{n^{-1} \sum_{i=1}^n (D_{i0} - \bar{D}_0)^2} \quad (8)$$

Przy wykorzystaniu wzorów (4-8) wyznaczyć można wskaźnik syntetyczny dla każdego obiektu. Miernik ten przyjmuje wartości z przedziału [0,1]. Im wyższa wartość miernika tym obiekt jest bardziej zbliżony do wzorca, natomiast im niższa wartość tym obiekt jest bardziej od niego oddalony.

## ANALIZA PROBLEMU WYBRANYMI METODAMI BADAWCZYMI

Pierwszym etapem analizy było wyodrębnienie najważniejszych cech opisujących potencjał innowacyjny Polski [Heffner 2007]. Wybór ten został dokonany przez grono eksperckie składające się z 10 osób, każda z nich określała wagi dla poszczególnych wskaźników. Z wielu wskaźników wybrano 5 najlepiej opisujących potencjał innowacyjny:

- produkt krajowy brutto na jednego aktywnego zawodowo (wyrażony w tys. zł),
- stopa bezrobocia rejestrowanego (wyrażona w %),
- nakłady ogółem na działalność innowacyjną w przedsiębiorstwach (wyrażone w mln zł),
- nakłady inwestycyjne w przedsiębiorstwach na 1 mieszkańca (wyrażone w zł),
- nakłady wewnętrzne na B+R na 1 mieszkańca (wyrażone w zł).

Należy zauważyć, że niektóre z tych wskaźników są połączeniem kilku podstawowych wskaźników, które można znaleźć w bazie BDL (Bank Danych Lokalnych) [Salamaga 2010].

Za pomocą tych zmiennych można dokonać analizy potencjału innowacyjnego poszczególnych województw w Polsce [Hellwig 1968].

Pierwszym etapem analizy zarówno w przypadku metody unitaryzacji zerowanej jak i metodzie Hellwiga ważne jest określenie, która ze zmiennych jest stymulantą, a która destymulantą, i tak:

- produkt krajowy brutto na jednego aktywnego zawodowo – stymulanta,
- stopa bezrobocia rejestrowanego – destymulanta,
- nakłady ogółem na działalność innowacyjną w przedsiębiorstwach – stymulanta,
- nakłady inwestycyjne w przedsiębiorstwach na 1 mieszkańca – stymulanta,
- nakłady wewnętrzne na B+R na 1 mieszkańca – stymulanta.

Po tym etapie stworzona została macierz przy wykorzystaniu wzorów (1) oraz (2). Jej rezultaty zostały przedstawione w Tabeli 1.

Tabela 1. Macierz określająca potencjał innowacyjny Polski za pomocą metody unitaryzacji zerowanej

Macierz	x1	x2	x3	x4	x5	Q
MAZOWIECKIE	1,00	0,92	0,44	1,00	1,00	0,87
POLSKA	0,43	0,69	1,00	0,41	0,36	0,58
DOLNOŚLĄSKIE	0,70	0,68	0,04	0,73	0,31	0,49
WIELKOPOLSKIE	0,59	1,00	0,05	0,41	0,38	0,49
ŚLĄSKIE	0,48	0,89	0,10	0,57	0,25	0,46
POMORSKIE	0,40	0,69	0,03	0,41	0,44	0,39
MAŁOPOLSKIE	0,32	0,86	0,05	0,18	0,49	0,38
ŁÓDZKIE	0,16	0,63	0,06	0,35	0,28	0,30
OPOLSKIE	0,36	0,60	0,00	0,20	0,00	0,23
ZACHODNIOPOMORSKIE	0,44	0,27	0,02	0,29	0,08	0,22
PODKARPACKIE	0,07	0,43	0,04	0,23	0,27	0,21
LUBELSKIE	0,01	0,62	0,02	0,01	0,27	0,19
LUBUSKIE	0,24	0,47	0,00	0,20	0,00	0,18
KUJAWSKO-POMORSKIE	0,28	0,28	0,01	0,11	0,09	0,15
PODLASKIE	0,13	0,57	0,01	0,00	0,06	0,15
ŚWIĘTOKRZYSKIE	0,00	0,46	0,02	0,08	0,03	0,12
WARMIŃSKO-MAZURSKIE	0,19	0,00	0,01	0,13	0,09	0,08

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z GUS

W Tabeli 1 należy zwrócić uwagę na wartość Q, która odzwierciedla potencjał innowacyjny każdego z województw Polski w odniesieniu do pięciu wybranych mierników. W analizie można wyróżnić województwo mazowieckie, które osiąga zdecydowanie najwyższą wartość badanego wskaźnika.

Kolejnym etapem przeprowadzonej analizy było zbadanie potencjału innowacyjnego Polski za pomocą metody Hellwiga. W pierwszej kolejności dokonano standaryzacji danych za pomocą wzoru (3). Dzięki czemu można było stworzyć macierz Z.

Następnym etapem było wyznaczenie odległości od wzorca z wykorzystaniem wzorów (4-8). W efekcie czego otrzymano wartość  $d_i$  (miara rozwoju stosowana w metodzie Hellwiga), która została przedstawiona w Tabeli 2.

Tabela 2. Metoda Hellwiga – miara rozwoju ( $d_i$ )

Lp.	Województwo	Miara rozwoju ( $d_i$ )
1	MAZOWIECKIE	0,599192511
2	DOLNOŚLĄSKIE	0,363814873
3	ŚLĄSKIE	0,303983986
4	POMORSKIE	0,301781148
5	WIELKOPOLSKIE	0,263365307
6	ZACHODNIOPOMORSKIE	0,258213852
7	ŁÓDZKIE	0,248493504
8	MAŁOPOLSKIE	0,234684106
9	PODKARPACKIE	0,215866905
10	KUJAWSKO-POMORSKIE	0,193788881
11	WARMIŃSKO-MAZURSKIE	0,188561126
12	LUBUSKIE	0,162048159
13	OPOLSKIE	0,161206503
14	LUBELSKIE	0,130172584
15	ŚWIĘTOKRZYSKIE	0,112354562
16	PODLASKIE	0,108111917

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z GUS

Wartość  $d_i$  (miara rozwoju) określa odległość danego obiektu od wzorca. Im wartość wyższa tym obiekt jest bliższy wzorcowi, natomiast im wartość jest niższa tym obiekt jest w gorszej sytuacji. Patrząc na Tabelę 2 możemy zauważyć, że najlepiej w tym zestawieniu zaprezentowało się województwo mazowieckie natomiast najgorzej wypadły województwa świętokrzyskie i podlaskie.

Tabela 3 przedstawia porównanie wyników osiągniętych przez poszczególne województwa w zależności od zastosowanej metody.

Tabela 3. Porównanie wyników uzyskanych obiema metodami badawczymi

Lp.	Województwo	Grupa wg MUZ	Grupa wg MH
1	MAZOWIECKIE	I	I
2	DOLNOŚLĄSKIE	II	II
3	WIELKOPOLSKIE	II	III
4	ŚLĄSKIE	II	II
5	POMORSKIE	III	II
6	MAŁOPOLSKIE	III	III
7	ŁÓDZKIE	IV	III
8	OPOLSKIE	V	IV
9	ZACHODNIOPOMORSKIE	V	III
10	PODKARPACKIE	V	III
11	LUBELSKIE	V	V
12	LUBUSKIE	V	IV
13	KUJAWSKO-POMORSKIE	V	IV
14	PODLASKIE	V	V
15	ŚWIĘTOKRZYSKIE	VI	V
16	WARMIŃSKO-MAZURSKIE	VI	IV

Źródło: opracowanie własne

## PODSUMOWANIE

Badanie potencjału innowacyjnego Polski pokazało, iż niezależnie od doboru metody województwo mazowieckie wyróżniało się na tle całego kraju. Poziom potencjału tego województwa odbiegał pozytywnie od reszty i jest przykładem do naśladowania przez inne obszary.

W przypadku zdecydowanej większości województw zostały one sklasyfikowane w tej samej grupie lub grupie sąsiadującej (Tabela 3). Potwierdza to również współczynnik korelacji rang Spearmana, którego wartość w odniesieniu do dwóch zastosowanych metod wyniosła 0,98088. Co oznacza, że wyniki są niemal identyczne w dwóch zastosowanych metodach.

Przyjęta hipoteza została potwierdzona - niezależnie od zastosowanej metody województwa wysoko rozwinięte będą się charakteryzować największym potencjałem innowacyjnym.

**BIBLIOGRAFIA**

- Grabiński T. (2003) Analiza taksonomiczna krajów Europy w ujęciu regionalnym, Wyd. AE w Krakowie, Kraków, str. 22-42.
- Heffner K., Gibas P. (2007) Analiza ekonomiczno – przestrzenna, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice.
- Hellwig Z. (1968) Zasotowanie metody taksonomicznej do typologicznego podziału krajów ze względu na poziom rozwoju oraz zasoby i strukturę wykwalifikowanych kadr, Przegląd Statystyczny 15.4.
- Kukuła K. (2000) Metoda unitaryzacji zerowanej, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, str. 86.
- Kukuła K. (2012) Propozycja budowy rankingu obiektów z wykorzystaniem cech ilościowych oraz jakościowych, Metody ilościowe w badaniach ekonomicznych, Tom XIII/1, str. 6-13.
- Leksykon PWN (2015) <http://sjp.pwn.pl/sjp/rozwoj;2517638.html>
- Młodak A. (2006) Analiza taksonomiczna w statystyce regionalnej, Difin, str. 32-46.
- Nowak E. (1990) Metody taksonomiczne w klasyfikacji obiektów społeczno-gospodarczych, PAN, Warszawa, str. 143.
- Salamaga M. (2010) Miernik podobieństwa grupowania obiektów, Wiadomości Statystyczne 6 (589), Warszawa.

**APPLICATION OF MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS  
IN RESEARCH ON DIVERSIFICATION  
OF DEVELOPMENT POTENTIAL OF POLAND**

**Abstract:** The article will outlined the application of multidimensional analysis by which the innovative potential of Poland will be examined. From numerous factors influencing the development and maintenance of economic potential, 5 features were distinguished. On the basis of distinguished features the examination was made by the use of zero unitarization method as well as Hellwig's method. The examination showed that the choice of method for multidimensional analysis has little effect on grouping of particular woj. of Poland. Rankings differed in the case of the least developed regions.

**Keywords:** multidimensional analysis, zero unitarization method, Hellwig's method, economic potential, classification