

*Anna Krakowiak-Bal*

**WYKORZYSTANIE  
WYBRANYCH MIAR SYNTETYCZNYCH  
DO BUDOWY MIARY  
ROZWOJU INFRASTRUKTURY TECHNICZNEJ**

**Streszczenie**

W badaniach nad poziomem wyposażenia w infrastrukturę techniczną, a zwłaszcza w przestrzennych analizach porównawczych pomocne jest stosowanie metod statystyki wielowymiarowej, pozwalające na wyznaczenie miary syntetycznej. Miary zastępują liczny zbiór cech badanego obiektu (zmienne charakteryzujące wyposażenie w poszczególne elementy infrastruktury technicznej) jedną zmienną zagregowaną. Takie podejście umożliwia ocenę obiektu (gminy) za pomocą jednej wielkości oraz pozwala na porządkowanie analizowanych obiektów pod względem rozpatrywanego zjawiska (poziomu zagospodarowania infrastrukturalnego).

Celem artykułu jest wyznaczenie miary rozwoju infrastruktury technicznej według różnych proponowanych w literaturze metod konstruowania mierników syntetycznych oraz porównanie otrzymanych rezultatów. Celem jest sprawdzenie, w jaki sposób stosowanie różnych metod agregacji tych samych zmiennych diagnostycznych wpływa na wyniki i które z proponowanych metod wydają się właściwe do badań nad infrastrukturą techniczną.

Wybrano 5 różnych metod konstrukcji zmiennej syntetycznej i porównano otrzymane według nich wyniki.

Przedmiot badań stanowi 20 gmin górskich woj. podkarpackiego. Do konstrukcji syntetycznej miary infrastruktury przyjęto 8 zmiennych diagnostycznych charakteryzujących elementy infrastruktury technicznej obszarów wiejskich.

**Słowa kluczowe:** infrastruktura techniczna, miara syntetyczna, analiza porównawcza, województwo podkarpackie

## WSTĘP

Istnieje wiele metod tworzenia zmiennych syntetycznych, wykorzystujących odpowiednio wybrane zmienne diagnostyczne. Dobór zmiennych diagnostycznych przeprowadza się podobnie jak dobór zmiennych objaśniających, ustalając najpierw listę potencjalnych zmiennych charakteryzujących badane zjawisko złożone.

Zasadniczym celem wyznaczania miar syntetycznych jest porządkowanie obiektów ze względu na poziom wielocechowego zjawiska. Mają one też zastosowanie w tworzeniu zmiennych syntetycznych wprowadzanych do modeli ekonometrycznych. Różnice jakie dostrzega się z w zasadach konstrukcji tych miar dotyczą głównie:

- sposobu uwzględnienia cech stymulant (S) i destymulant (D),
- sprowadzania cech do wspólnego układu porównawczego (wybór formuły normalizacyjnej),
- określenia wartości cech obiektu-wzorca,
- budowy miary (określenie postaci analitycznej funkcji agregującej),
- własności miary.

Jako pierwszy syntetyczną miarę rozwoju zaproponował Z. Hellwig [1968] dla porównania poziomu rozwoju gospodarczego wybranych krajów. Umożliwiła ona porządkowanie badanych obiektów ze względu na poziom zjawisk, których nie da się zmierzyć jedną miarą, np. postęp techniczny, rozwój społeczny, gospodarczy, warunki życia, infrastruktura społeczna, techniczna. Miara rozwoju Hellwiga syntetyzuje informacje z ciągu zmiennych diagnostycznych i przyporządkowuje analizowanemu zjawisku agregatową jedną miarę.

Propozycje analogicznych miar przedstawili m.in. Cieślak [1974]; Bartosiewicz [1976]; Strahl [1978]; Zeliaś, Malina [1997].

## CEL, ZAKRES I METODA PRACY

Celem artykułu jest porównanie proponowanych w literaturze metod konstruowania mierników syntetycznych i zastosowanie ich do badań nad infrastrukturą techniczną obszarów wiejskich. Celem jest sprawdzenie, w jaki sposób stosowanie różnych metod agregacji tych samych zmiennych diagnostycznych wpływa na wyniki i które z proponowanych metod wydają się właściwe do badań nad infrastrukturą techniczną.

Wybrano 5 różnych metod konstrukcji zmiennej syntetycznej i porównano otrzymane według nich wyniki. Wykorzystano metody: miary rozwoju Hellwiga, miary syntetycznej Strahl, zmiennej syntetycznej Zeliasia, Maliny, absolutnego miernika rozwoju Cieślak.

Przedmiot badań stanowi 20 gmin górskich woj. podkarpackiego. Do konstrukcji syntetycznej miary infrastruktury przyjęto 8 zmiennych diagnostycznych charakteryzujących poszczególne elementy infrastruktury technicznej obszarów wiejskich:

- $X_1$  – gęstość dróg [km/100 km<sup>2</sup>],
- $X_2$  – podłączenia wodociągowe [%],
- $X_3$  – podłączenia kanalizacyjne [%],
- $X_4$  – odsetek gospodarstw bez kanalizacji [%],
- $X_5$  – podłączenia gazowe [%],
- $X_6$  – podłączenia do sieci energetycznej [%],
- $X_7$  – liczba wysypisk śmieci [l/1000 mieszkańców],
- $X_8$  – dostęp do usług pocztowo-telekomunikacyjnych [l/1000].

## METODY KONSTRUOWANIA TAKSONOMICZNYCH MIERNIKÓW

### 1. Miara rozwoju Hellwiga

W metodzie Hellwiga współrzędne wzorca przyjmowane są jako:

$$y_{0j} = \max_i y_{ij} \quad \text{gdy } j \in S$$

$$y_{0j} = \min_i y_{ij} \quad \text{gdy } j \in D$$

Takie założenie jest przydatne w badaniach rozwoju gospodarczego, gdzie nie pojawiają się obawy, że wybór maksymalnych wartości jest „zbyt dobry” [Strahl 1978].

Po określeniu wzorca rozwoju ustalane są odległości taksonomiczne (euklidesowe) między poszczególnymi jednostkami przestrzennymi a obiektem wzorcowym. Syntetyczna miara rozwoju dla każdej jednostki opisana jest wzorem:

$$d_i = 1 - \frac{c_{io}}{c_o} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

gdzie:

$d_i$  – miara rozwoju,

$c_{io}$  – odległość euklidesowa każdego  $z_{ij}$  do  $z_{0j}$  (wzorca rozwoju),

$c_o$  – krytyczna (graniczna) odległość danej jednostki od wzorca.

Wykorzystane we wzorze (12) wielkości wyrażone są jako:

$$c_{io} = \left[ \sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_{oj}) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

gdzie

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} \quad (3)$$

oraz

$$c_0 = \bar{c}_0 + 2s_d \quad \bar{c}_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n c_{io} \quad (4)$$

natomiast

$$s_d = \left[ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (c_{io} - \bar{c}_0)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

**Tabela 1.** Wartości miary rozwoju Hellwiga  $d_i$  dla gmin górskich woj. podkarpackiego  
**Table 1.** Values of development's measure  $d_i$  for mountain communes in the podkarpackie province

Gmina	Miara rozwoju $d_i$	Pozycja gminy	Gmina	Miara rozwoju $d_i$	Pozycja gminy
Baligród	0,192	13	Hyżne	0,119	18
Bircza	0,133	17	Komańcza	0,136	16
Chmielnik	0,584	1	Krempna	0,182	14
Chorkówka	0,257	4	Lubenia	0,116	19
Cisna	0,194	12	Lutowiska	0,262	3
Czarna	0,240	8	Niebylec	0,251	5
Czudec	0,246	7	Nowy Żmigród	0,196	11
Dydnia	0,201	10	Olszanica	0,147	15
Fredropol	0,063	20	Solina	0,346	2
Frysztak	0,227	9	Wiśniowa	0,248	6

## 2. Propozycja konstrukcji miary syntetycznej D. Strahl

Syntetyczna miara definiowana jest według [Strahl 1978]:

$$S_i = \sum_{j=1}^m y'_{ij} = \sum_j y'_{ij}{}^S + \sum_j y'_{ij}{}^D \quad (6)$$

w wersji unormowanej

$$s_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y'_{ij} \quad \text{lub} \quad s_i = \frac{\sum_j y'_{ij}}{m - m_{0i}} \quad (j \in S \cup D) \quad (7)$$

gdzie  $m_{0i}$  jest liczbą cech, dla których  $y_{ij} = 0$ , natomiast  $y'_{ij}{}^S = \frac{y_{ij}}{\max y_{ij}}$

Unormowane wartości znajdują się w przedziale liczbowym [0;1]. Im wartość cechy jest bliższa jedności, tym dany obiekt znajduje się bliżej wzorca. Wartość unormowanej cechy można interpretować jako jej udział w wartości wzorca.

**Tabela 2.** Wartości miary syntetycznej  $s_i$  dla gmin górskich woj. podkarpackiego

**Table 2.** Values of synthetic measure  $s_i$  for mountain communes in the podkarpackie province

Gmina	Syntetyczna miara $s_i$	Pozycja	Gmina	Syntetyczna miara $s_i$	Pozycja
Baligród	0,391	13	Hyżne	0,298	17
Bircza	0,257	19	Komańcza	0,367	14
Chmielnik	0,725	1	Krempna	0,329	15
Chorkówka	0,532	4	Lubenia	0,263	18
Cisna	0,397	11	Lutowiska	0,539	3
Czarna	0,447	5	Niebylec	0,414	8
Czudec	0,393	12	Nowy Żmigród	0,399	10
Dydnia	0,405	9	Olszanica	0,301	16
Fredropol	0,202	20	Solina	0,592	2
Frysztak	0,422	6	Wiśniowa	0,420	7

### 3. Zmienna syntetyczna wg Zeliasia, Maliny [1997]

Wartości zmiennej syntetycznej wyznaczone są poprzez agregację uprzednio znormalizowanych zmiennych wejściowych według wzoru:

$$z_i = k^{-1} \sum_{j=1}^k z_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (8)$$

gdzie  $z_i$  – oznacza  $i$ -tą realizację zmiennej syntetycznej  $Z$ .

Normalizacji zmiennej  $Z$  na przedział  $\langle 0,1 \rangle$  można dokonać według:

$$w_{ij} = \frac{z_{ij}}{\max\{z_{ij}\}} \quad (j = 1, 2, \dots, k) \quad (9)$$

Wartością najmniej korzystną jest 0, najbardziej korzystną 1. Utworzona zmienna syntetyczna  $Z$  jest jednocześnie względnym miernikiem rozwoju obiektu  $Q_i$  (gminy) w stosunku do rozwoju obiektu wzorcowego (modelowego).

**Tabela 3.** Wartości zmiennych syntetycznych  $Z_i$  i  $w_i$  dla wybranych gmin  
**Table 3.** Values of synthetic measures  $Z_i$  i  $w_i$  for chosen communes

Gmina	Zmienna syntetyczna $Z_i$	Pozycja	Zmienna syntetyczna $w_i$	Pozycja
Baligród	0,865	14	0,391	13
Bircza	0,522	19	0,257	19
Chmielnik	2,703	1	0,725	1
Chorkówka	1,275	4	0,532	4
Cisna	0,902	11	0,397	11
Czarna	1,189	5	0,447	5
Czudec	0,964	8	0,393	12
Dydnia	0,871	12	0,405	9
Fredropol	0,372	20	0,202	20
Frysztak	0,957	9	0,422	6
Hyżne	0,575	18	0,298	17
Komańcza	0,989	6	0,367	14
Krempna	0,707	15	0,329	15
Lubenia	0,584	17	0,263	18
Lutowiska	1,680	2	0,539	3
Niebylec	0,953	10	0,414	8
Nowy Żmigród	0,869	13	0,399	10
Olszanica	0,603	16	0,301	16
Solina	1,451	3	0,592	2
Wiśniowa	0,968	7	0,420	7

#### 4. Absolutny miernik rozwoju (wg M. Cieślak)

Propozycja absolutnego miernika rozwoju M. Cieślak nie przyjmuje żadnej koncepcji wzorca. W metodzie tej miejsce badanych obiektów ze względu na poziom wielowymiarowego zjawiska wyznaczane jest wartością cech i ich przeciętnym zróżnicowaniem między obiektami, wyrażonym odchyleniem standardowym.

Absolutny miernik rozwoju wyrażony jest jako:

$$m_{it} = \sum_{j=1}^m y_{ij}'^t \quad (i = 1, 2, \dots, k ; t = 1, 2, \dots, T) \quad (10)$$

gdzie  $y_{ij}'^t$  jest unormowaną wartością cechy według wzoru

$$y_{ij}' = \frac{y_{ij}}{s_j} \quad (11)$$

**Tabela 4.** Wartości absolutnego miernika rozwoju  $m_{it}$  dla gmin górskich woj. podkarpackiego

**Table 4.** Absolute measure of development  $m_{it}$  for researched communes

Gmina	Absolutny miernik rozwoju $m_{it}$	Pozycja	Gmina	Absolutny miernik rozwoju $m_{it}$	Pozycja
Baligród	17,807	12	Hyzne	15,740	17
Bircza	15,102	18	Komańcza	15,765	16
Chmielnik	29,625	1	Krempna	17,257	14
Chorkówka	20,933	4	Lubenia	14,822	19
Cisna	17,422	13	Lutowiska	21,088	3
Czarna	19,221	7	Niebylec	19,490	5
Czudec	18,490	8	Nowy Żmigród	18,125	10
Dydnia	18,192	9	Olszanica	15,846	15
Fredropol	13,507	20	Solina	23,343	2
Frysztak	18,092	11	Wiśniowa	19,264	6

Ponieważ miernik nie jest unormowany, zawiera się w przedziale  $(0, \infty)$ , wyższe wartości określają lepiej rozwinięte gminy.

## 5. Bezwzorcową miarą syntetyczną

Do wyznaczenia miary syntetycznej wykorzystano również prostą bezwzorcową miarę, stanowiącą średnią arytmetyczną znormalizowanych cech (wg przekształceń unitaryzacji):

$$u_i = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p x_{ij} \quad i = 1, \dots, n \quad (12)$$

**Tabela 5.** Wartości miary syntetycznej  $u_i$  dla gmin górskich woj. podkarpackiego

**Table 5.** Values of synthetic measure  $u_i$

Gmina	Miara syntetyczna $u_i$	Pozycja	Gmina	Miara syntetyczna $u_i$	Pozycja
Baligród	0,349	11	Hyżne	0,262	16
Bircza	0,219	18	Komańcza	0,265	15
Chmielnik	0,710	1	Krempna	0,301	14
Chorkówka	0,483	3	Lubenia	0,218	19
Cisna	0,341	13	Lutowiska	0,451	4
Czarna	0,395	5	Niebylec	0,382	7
Czudec	0,347	12	Nowy Żmigród	0,362	9
Dydnia	0,368	8	Olszanica	0,262	17
Fredropol	0,161	20	Solina	0,560	2
Fryszak	0,352	10	Wiśniowa	0,389	6

## PORÓWNANIE PROPONOWANYCH METOD

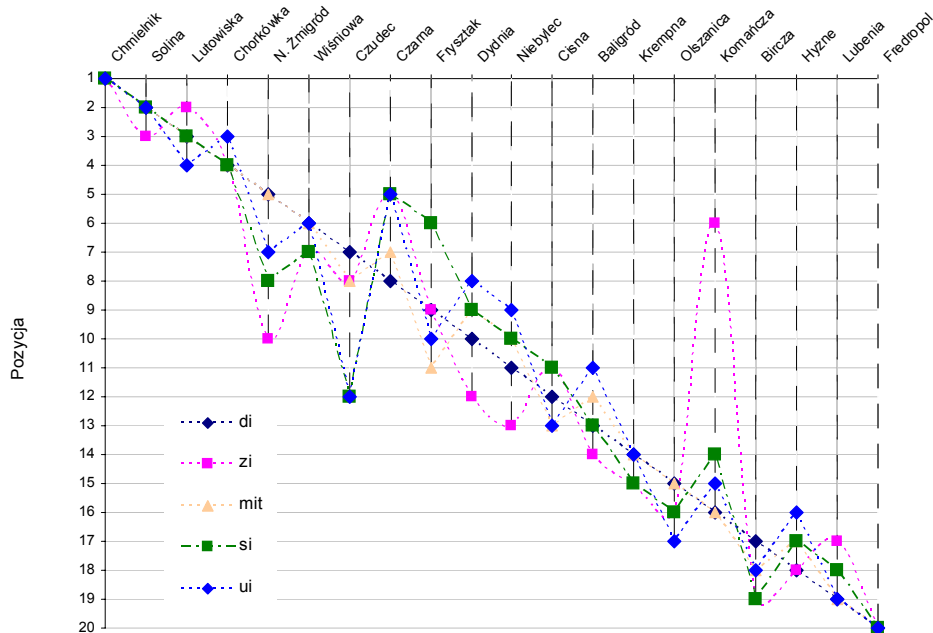
Na rysunku 1 przedstawiono pozycje gmin według kolejnych proponowanych metod konstrukcji zmiennej syntetycznej.

Porządkując gminy według wartości wyznaczonych miar, stwierdzono, że tylko dwie gminy Chmielnik i Fredropol zajęły tę samą pozycję pod względem wszystkich 5 miar. Są to odpowiednio najlepsza i najgorsza gmina w całym zbiorze według wszystkich metod. Pozycje pozostałych gmin zmieniają się w zależności od przyjętej metody.

Do gmin najlepiej wyposażonych w elementy infrastruktury technicznej należą również Solina, Lutowiska i Chorkówka, które według wszystkich przyjętych metod zajęły wysokie lokaty.

W większości przypadków dysproporcje były nieznaczne, różnica 2–3 pozycji.





**Rysunek 1.** Zajmowane pozycje górskich gmin podkarpackich według wartości kolejnych zmiennych syntetycznych  
**Figure 1.** The positions of mountain communes in the podkarpackie province according to the value of various synthetic variables

Największe różnice w pozycjonowaniu gmin wykazano dla gminy Komańcza. Rozpiętość zajmowanych przez tą gminę lokat była od 6 miejsca (wg  $z_i$ ) do 16 (wg  $m_{it}$  i  $d_i$ ).

W celu określenia zbieżności wyników uporządkowań według wyznaczonych mierników  $d_i$ ,  $z_i$ ,  $m_{it}$ ,  $s_i$ ,  $u_i$  wykorzystano współczynnik korelacji rang. Jako miarę zgodności uporządkowania przyjęto współczynnik Spearmana według wzoru:

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

gdzie:  $d_i$  – różnica pomiędzy miejscem zajmowanym przez  $i$ -tą gminę w uporządkowaniu według wybranych miar syntetycznych,  $n$  – liczba analizowanych gmin.

Z przeprowadzonych badań wynika, iż zgodność uporządkowania gmin według wybranych miar  $d_i$ ,  $z_i$ ,  $m_{it}$ ,  $s_i$ ,  $u_i$  jest wysoka. Wartości współczynników przedstawia tabeli 7.

**Tabela 7.** Wartości współczynników korelacji rang Spearmana  $\rho$

**Table 7.** Values of the Spearman rank correlation coefficients  $\rho$

Miara syntetyczna	$d_i$	$z_i$	$m_{it}$	$s_i$	$u_i$
$d_i$	–	0,88	0,99	0,95	0,95
$z_i$		–	0,87	0,91	0,87
$m_{it}$			–	0,95	0,97
$s_i$				–	0,97
$u_i$					–

Najwyższą zgodność uporządkowania gmin ( $\rho = 0,99$ ) stwierdzono dla miar  $m_{it}/d_i$ . Duża zgodność charakteryzuje też miary  $m_{it}/u_i$  oraz  $s_i/u_i$  ( $\rho = 0,97$ ).

Natomiast wśród wszystkich analizowanych miar syntetycznych, najmniejszą zgodnością z pozostałymi miarami charakteryzuje się miara  $z_i$ , dla której  $\bar{\rho} = 0,85$ .

Należy dodać również, że wartości znormalizowanej miary zaproponowanej przez Zeliasia  $w_i$ , są całkowicie zbieżne z miarą  $s_i$  wg D. Strahl.

## WNIOSKI I STWIERDZENIA

1. Na podstawie wartości współczynników rang Spearmana, stwierdzono, że stosowanie miar  $m_{it}$  i  $d_i$  daje bardzo zbliżone wyniki klasyfikacji, ich stosowanie nie wpływa istotnie na kolejność porządkowania gmin. Duża zbieżność wykazano też dla metod bezwzorcowych ( $m_{it}$  i  $u_i$ ).

2. Gminy zajmowały zazwyczaj wyższe lokaty w klasyfikacji według miary  $u_i$ .

3. W analizach przestrzennych dotyczących zagospodarowania infrastrukturalnego właściwe wydaje się być stosowanie bezwzorcowych miar syntetycznych ( $m_{it}$ ,  $u_i$ ), ze względu na słaby stan tego zagospodarowania. Nawet najlepsze w danym zbiorze gminy nie stanowią właściwego wzorca rozwoju dla pozostałych jednostek.

4. Rozpatrując poziom zagospodarowania infrastrukturalnego wiejskich gmin górskich województwa podkarpackiego, stwierdzono, że najlepszą w całym zbiorze gminą jest Chmielnik Rzeszowski, naj słabszą zaś Fredropol. Klasyfikację tą potwierdzono według wszystkich miar syntetycznych.

#### **BIBLIOGRAFIA**

- Hellwig Z. *Zastosowanie metody taksonomicznej do typologicznego podziału krajów ze względu na poziom rozwoju oraz zasoby i strukturę wykwalifikowanych kadr*. Przegląd Statystyczny 15.4.1968.
- Strahl D. *Propozycja konstrukcji miary syntetycznej*. Przegląd Statystyczny 25.2.1978.
- Cieślak M. *Taksonomiczna procedura prognozowania rozwoju gospodarczego i określenia potrzeb na kadry kwalifikowane*. Przegląd Statystyczny 21.1 1974.
- Bartosiewicz S. *Propozycja metody tworzenia zmiennych syntetycznych*. Prace AE we Wrocławiu 84. 1976.
- Zeliaś A., Malina A. 1997. *O budowie taksonomicznej miary jakości życia. Syntetyczna miara rozwoju jest narzędziem statystycznej analizy porównawczej*. Taksonomia z. 4.

dr Anna Krakowiak-Bal  
Katedra Technicznej Infrastruktury Wsi  
Akademia Rolnicza w Krakowie  
ul. Balicka 104, 30-149 Kraków

Recenzent: *Prof. dr hab. Zdzisław Wójcicki*

*Anna Krakowiak-Bal*

#### **THE IMPLEMENTATION OF CHOSEN SYNTHETIC MEASURES FOR CONSTRUCTION OF DEVELOPMENT'S MEASURE OF TECHNICAL INFRASTRUCTURE**

##### **SUMMARY**

In researches over level of endowment to technical infrastructure, but especially in spatial comparative analyses it is helpful application of multidimensional statistics methods, allowing on assignment of synthetic measure.

Measures substitute numerous set of the feature of researched object (variable characterizing individual elements of technical infrastructure) with one aggregate variable.

Such approach enables estimate of object (communes) by one largeness and it allows ordering of analyzed object based on treated problem (level of infrastructural development).

The purpose of article is assignment of development measure of technical infrastructure according to various methods of constructing of synthetic measures, and comparison received results.

The objective is verification how the application of different aggregation methods of the same diagnostic variable effects results, manner and which from suggested methods seem adequate for researches over technical infrastructure.

Were chosen 5 different proposals of constructions of synthetic variable and were compare received results according to them these methods.

Object of research presents 20 mountain communes in the podkarpackie province.

For construction of synthetic measure were accept 8 diagnostic variable characterizing elements of technical infrastructure of country area.

**Key words:** technical infrastructure, synthetic measure, comparative analysis, podkarpackie province