

Aleksandra Łuczak, Feliks Wysocki
Akademia Rolnicza w Poznaniu

ROZMYTA WIELOKRYTERIALNA METODA PORZĄDKOWANIA LINIOWEGO OBIEKTÓW

1. Wstęp

Istnieje wiele znanych klasycznych metod tworzenia cechy syntetycznej opartych na idei wprowadzonej przez Hellwiga [1968]. Metody klasyczne zawodzą jednak, jeśli w zbiorze cech prostych charakteryzujących badane obiekty znajdują się – oprócz cech ilościowych – cechy jakościowe. W takiej sytuacji do konstrukcji cechy syntetycznej można zaproponować metody oparte na teorii zbiorów rozmytych.

Celem niniejszej pracy jest podanie propozycji metodycznej tworzenia cechy syntetycznej polegającej na wykorzystaniu:

- metody analitycznego procesu hierarchicznego (*Analytic Hierarchy Process* – AHP) przy ustalaniu współczynników wagowych do określenia ważności kryteriów¹ i cech prostych,
- rozmytej metody TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution*) do porządkowania liniowego obiektów opisanych za pomocą cech jakościowych (porządkowych) i ilościowych; metoda ta polega na wykorzystaniu zmiennych lingwistycznych do wyrażenia wariantów (poziomów) cech prostych jakościowych, ich przekształceniu na trójkątne liczby rozmyte, zastąpieniu zmiennych ilościowych trójkątnymi liczbami rozmytymi, znormalizowaniu cech prostych, wyznaczeniu rozmytego wzorca i antywzorca rozwoju oraz zagregowaniu rozmytych ocen w każdym ocenianym obiekcie.

¹ Kryterium – cecha główna, wedle której ocenia się obiekty; jest zbiorem jednej lub kilku cech prostych tematycznie ze sobą powiązanych.

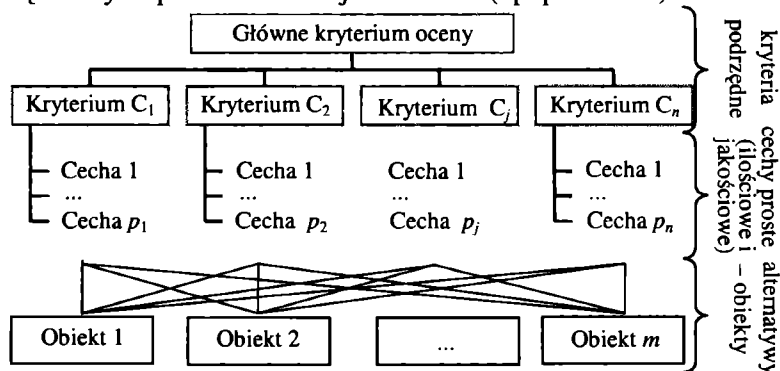
Etapy tworzenia cechy syntetycznej zilustrowano przykładem dotyczącym oceny poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego powiatów województwa wielkopolskiego. W procesie wielokryterialnej oceny powiatów wykorzystano dane z badań ankietowych na temat stanu i możliwości rozwojowych obszarów wiejskich, zebrane we wszystkich 31 starostwach powiatowych w 2001 r., oraz dane wtórne pochodzące z Roczników Statystycznych Urzędu Statystycznego w Poznaniu za rok 2004.

2. Metodyka badań

W procesie tworzenia cechy syntetycznej, opartym na metodach AHP i TOPSIS, można wyróżnić następujące etapy postępowania:

- Etap 1. Utworzenie struktury hierarchicznej wielokryterialnego problemu oceny obiektów.
- Etap 2. Określenie ważności kryteriów i cech prostych poprzez przyporządkowanie im współczynników wagowych za pomocą analitycznego procesu hierarchicznego (AHP).
- Etap 3. Wyznaczenie wartości cechy syntetycznej (syntetycznego miernika rozwoju) za pomocą rozmytej metody TOPSIS.
- Etap 4. Uporządkowanie liniowe i klasyfikacja typologiczna obiektów według wartości cechy syntetycznej.

Etap 1. Struktura hierarchiczna wielokryterialnego problemu oceny obiektów jest tworzona drogą rozkładu rozważanego problemu na elementy składowe: główne kryterium oceny (np. poziom rozwoju społeczno-gospodarczego), kryteria podrzędne, cechy proste oraz oceniane obiekty (rys. 1). Główne kryterium umieszczane jest na szczycie hierarchii i składa się z kilku kryteriów podrzędnych. W ramach poszczególnych kryteriów przyjmuje się szereg cech prostych o charakterze ilościowym i jakościowym, opisujących oceniane obiekty. Cechy proste są wyznacznikami częściowymi poziomu rozwoju obiektów (np. powiatów).



Rys. 1. Struktura hierarchiczna rozważanego problemu

Źródło: opracowanie własne.

Kryterium główne i kryteria podrzędne oraz cechy proste charakteryzujące badane obiekty (powiaty) są wzajemnie powiązane. Wybór kryteriów i cech prostych powinien opierać się na przesłankach merytorycznych i statystycznych. Ustalone warianty i wartości cech dla poszczególnych obiektów zestawia się w macierze danych:

$$\mathbf{X}_{C_j} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p_j} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p_j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mp_j} \end{bmatrix} \quad (j = 1, 2, \dots, n),$$

gdzie: m jest liczbą obiektów ($i = 1, 2, \dots, m$), z których każdy będzie oceniany za pomocą zbioru n kryteriów C_j ($j = 1, 2, \dots, n$), każde kryterium C_j jest opisywane przez p_j cech prostych C_{jk} ($k = 1, 2, \dots, p_j$). Ustalone są warianty i wartości cech prostych dla poszczególnych kryteriów w postaci macierzy danych (informacji): $\mathbf{X}_{C_j} = \{x_{ik}, i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, p_j\}$.

Etap 2. Określenie systemu wag dla kryteriów $\mathbf{W} = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ i cech prostych $\mathbf{W}_j = (w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{jk}, \dots, w_{jp_j})$ ($j = 1, 2, \dots, n, k = 1, 2, \dots, p_j$). Wektory współczynników wagowych można otrzymać metodą analitycznego procesu hierarchicznego AHP, dokonując porównania parami ważności kryteriów podrzędnych w odniesieniu do kryterium głównego, oraz porównania parami cech prostych w odniesieniu do danego kryterium podrzędnego, wykorzystując do tego np. dziewięciostopniową skalę Saaty'ego (por. [Saaty 1980; Wysocki, Łuczak 2002 a,b]). Przy czym

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1, \quad \sum_{k=1}^{p_j} w_{jk} = w_j.$$

Etap 3. Wartości cechy syntetycznej wyznacza się rozmytą metodą TOPSIS [Triantaphyllou 1996; 2000; Chen 2000; Chang, Yeh 2004]. Ustalone w pierwszym etapie wartości i warianty (określenia główne) cech prostych przekształca się na trójkątne liczby rozmyte. W przypadku cech jakościowych wykorzystuje się do tego celu zmienne lingwistyczne. W tabeli 1 podano przykład zmiennej lingwistycznej mającej pięć poziomów, z których każdy jest wyrażony przez liczbę rozmytą trójkątną $\tilde{x} = (a, b, c)$ w postaci trzech ocen (parametrów): pesymistycznej a , najbardziej prawdopodobnej b i optymistycznej c . Ponadto każda wartość cechy ilościowej, np. wartość b , może być przedstawiona jako $\tilde{x} = (b, b, b)$. Dzięki tym przekształceniom wszystkie relacje między liczbami rozmytymi można przedstawić za pomocą działań na ich parametrach [Triantaphyllou 1996; Błachnio, Filipkowski 1999; Chen, Tzeng 2004].

Tabela 1. Zmienna lingwistyczna – jej poziomy i odpowiadające im liczby rozmyte wykorzystywane do opisu cech jakościowych – porządkowych

Poziom zmiennej lingwistycznej	Bardzo niski (BN)	Niski (N)	Średni (Ś)	Wysoki (W)	Bardzo wysoki (BW)
Trójkątne liczby rozmyte (a, b, c)	(0, 0, 20)	(20, 30, 40)	(40, 50, 60)	(60, 70, 80)	(80, 100, 100)

Źródło: [Chang, Yeh 2004].

Uzyskane trójkątne liczby rozmyte odpowiadające wariantom cech jakościowych i wartościom cech ilościowych zestawia się w postaci rozmytych macierzy danych $\tilde{\mathbf{X}}_{C_j}$:

$$\tilde{\mathbf{X}}_{C_j} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1p_j} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2p_j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mp_j} \end{bmatrix} \quad (j=1, 2, \dots, n),$$

gdzie: $\tilde{x}_{ik} = (a_{ik}, b_{ik}, c_{ik})$, $i=1, 2, \dots, m$, $k=1, \dots, p_j$,

p_j – liczba cech dla kryterium C_j ($j=1, \dots, n$),

$p_1 + p_2 + \dots + p_n = P$ – łączna liczba cech, m – liczba obiektów.

Kolejnym krokiem jest normalizacja cech prostych mająca na celu ujednolicenie ich charakteru i sprowadzenie wartości do porównywalności. W pracy zastosowano przekształcenia ilorazowe wykonywane na liczbach rozmytych (por. [Chen 2000]):

– dla stymulant

$$\tilde{z}_{ik} = \left(\frac{a_{ik}}{c_k^+}, \frac{b_{ik}}{c_k^+}, \frac{c_{ik}}{c_k^+} \right), \quad \tilde{z}_{ik} = \left(\frac{a_k^-}{c_{ik}}, \frac{a_k^-}{b_{ik}}, \frac{a_k^-}{a_{ik}} \right), \quad \text{gdzie } a_{ik}, b_{ik}, c_{ik} \neq 0,$$

gdzie $c_k^+ = \max_i c_{ik}$, $\max_i c_{ik} \neq 0$; $a_k^- = \min_i a_{ik}$;

– dla destymulant,

– dla nominant,

$$\tilde{z}_{ik} = \left(\frac{a_{ik}}{b_k^*}, \frac{b_{ik}}{b_k^*}, \frac{c_{ik}}{b_k^*} \right), \quad \text{gdzie } b_{ik} \leq \text{nom } b_{ik}, \quad \tilde{z}_{ik} = \left(\frac{b_k^*}{c_{ik}}, \frac{b_k^*}{b_{ik}}, \frac{b_k^*}{a_{ik}} \right), \quad \text{gdzie } b_{ik} > \text{nom } b_{ik},$$

$$a_{ik}, b_{ik}, c_{ik} \neq 0,$$

gdzie $b_k^* = \text{nom } b_{ik}$ $\text{nom } b_{ik} \neq 0$,

$i=1, 2, \dots, m$; $k=1, \dots, p_j$.

Znormalizowane wartości cech zostają przemnożone przez współczynniki wagowe ważności cech prostych i zestawione w jedną rozmytą macierz obserwacji:

$$\tilde{\mathbf{R}} = [\tilde{r}_{ik}]_{m \times P}, \quad \text{przy czym } \tilde{r}_{ik} = \tilde{z}_{ik} w_k \quad i=1, 2, \dots, m; k=1, 2, \dots, P.$$

Następnie ustalone zostają współrzędne obiektów modelowych – wzorca $\tilde{A}^+$ i antywzorca rozwoju $\tilde{A}^-$:

$$\tilde{A}^+ = \left(\max_i (\tilde{r}_{i1}), \max_i (\tilde{r}_{i2}), \dots, \max_i (\tilde{r}_{iP}) \right) = (\tilde{r}_1^+, \tilde{r}_2^+, \dots, \tilde{r}_P^+),$$

$$\tilde{A}^- = \left(\min_i (\tilde{r}_{i1}), \min_i (\tilde{r}_{i2}), \dots, \min_i (\tilde{r}_{iP}) \right) = (\tilde{r}_1^-, \tilde{r}_2^-, \dots, \tilde{r}_P^-).$$

Jest to podstawa do obliczenia odległości euklidesowych każdego ocenianego obiektu od wzorca rozwoju A^+ i antywzorca rozwoju A^- :

$$\tilde{d}_i^+ = \sqrt{\sum_{k=1}^P (\tilde{r}_{ik} - \tilde{r}_k^+)^2}, \quad \tilde{d}_i^- = \sqrt{\sum_{k=1}^P (\tilde{r}_{ik} - \tilde{r}_k^-)^2} \quad (i = 1, 2, \dots, m).$$

W kolejnym kroku oblicza się wartości rozmyte syntetycznego miernika rozwoju ze wzoru:

$$\tilde{S}_i = \frac{\tilde{d}_i^-}{\tilde{d}_i^+ + \tilde{d}_i^-}, \quad 0 \leq \tilde{S}_i \leq 1, \quad (i = 1, 2, \dots, m).$$

Im mniejsza jest odległość danego obiektu od obiektu modelowego – wzorca rozwoju, a tym samym większa od drugiego bieguna – anywzorca rozwoju, tym wartość miernika syntetycznego jest bliższa 1.

Wartości rozmyte syntetycznego miernika rozwoju $\tilde{S}_i = (a^{(i)}, b^{(i)}, c^{(i)})$, $i = 1, \dots, m$ można uśrednić [Kaufmann, Gupta 1991; Chen 1996; Wysocki, Łuczak 2004], stosując średnią prostą: $S_i^{(1)} = (a^{(i)} + b^{(i)} + c^{(i)})/3$, $i = 1, \dots, m$ lub ważoną [Ding, Liang 2005]: $S_i^{(2)} = (a^{(i)} + 4b^{(i)} + c^{(i)})/6$. Im wyższa wartość średniej rozmytej, tym wyższy poziom rozwoju obiektu A_i .

Etap 4. Klasyfikacja typologiczna obiektów według wartości cechy syntetycznej zgodnie z następującymi zasadami:

klasa I (poziom bardzo wysoki):	$S_i \geq \bar{S} + 2 \cdot s_c$,
klasa II (wysoki):	$\bar{S} + 2 \cdot s_c > S_i \geq \bar{S} + s_c$,
klasa III (średni-wyższy):	$\bar{S} \leq S_i < \bar{S} + s_c$,
klasa IV (średni-niższy):	$\bar{S} - s_c \leq S_i < \bar{S}$,
klasa V (niski):	$\bar{S} - 2 \cdot s_c \leq S_i < \bar{S} - s_c$,
klasa VI (bardzo niski):	$S_i < \bar{S} - 2 \cdot s_c$,

gdzie $\bar{S}$ oznacza średnią arytmetyczną z wartości cechy syntetycznej po uśrednieniu, natomiast s_c jest odchyleniem standardowym.

3. Ocena poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego powiatów

Proponowaną w pracy wielokryterialną rozmytą metodę porządkowania liniowego zastosowano do oceny poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego obszarów wiejskich w układzie powiatów województwa wielkopolskiego.

W pierwszym etapie utworzono strukturę hierarchiczną problemu oceny poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego powiatów (rys. 2). Wśród wyróżnionych cech

prostych znajdują się cechy o charakterze zarówno ilościowym (np. stopa bezrobocia), jak i jakościowym – porządkowym (np. walory środowiska przyrodniczego, poziom kultury rolnej).

Stosując metodę analitycznego procesu hierarchicznego Saaty’ego i wykorzystując dane z badań ankietowych przeprowadzonych we wszystkich starostwach powiatowych, ustalono współczynniki wagowe w odniesieniu do kryteriów (tab. 2). Najwyższy współczynnik wagowy ma kryterium związane z gospodarką (0,565), a najniższy – ze środowiskiem przyrodniczym (0,055) (tab. 2). Dalej dla uproszczenia przyjęto, że współczynniki wagowe cech prostych będą miały wartości odwrotnie proporcjonalne do liczebności danego ich zespołu oraz że

$$\sum_{k=1}^{p_j} w_{jk} = w_j, j = 1, 2, 3, 4.$$

Tabela 2. Ważność kryteriów podrzędnych w województwie wielkopolskim

Kryterium	Przyrodnicze (w_1)	Demograficzno-społeczne (w_2)	Infrastrukturalne (w_3)	Gospodarcze(w_4)
Współczynniki wagowe	0,055	0,262	0,118	0,565

Źródło: obliczenia własne na podstawie wyników badania ankietowego przeprowadzonego w starostwach powiatowych województwa wielkopolskiego (2001), *Ważniejsze dane* (2004), *Strategia rozwoju* (2000).

W etapie trzecim, po przekształceniu wartości i wariantów cech prostych w trójkątne liczby rozmyte, zestawiono je w postaci rozmytych macierzy danych. Tabela 3 prezentuje fragment macierzy rozmytych obserwacji $\tilde{X}_{C_i}$.

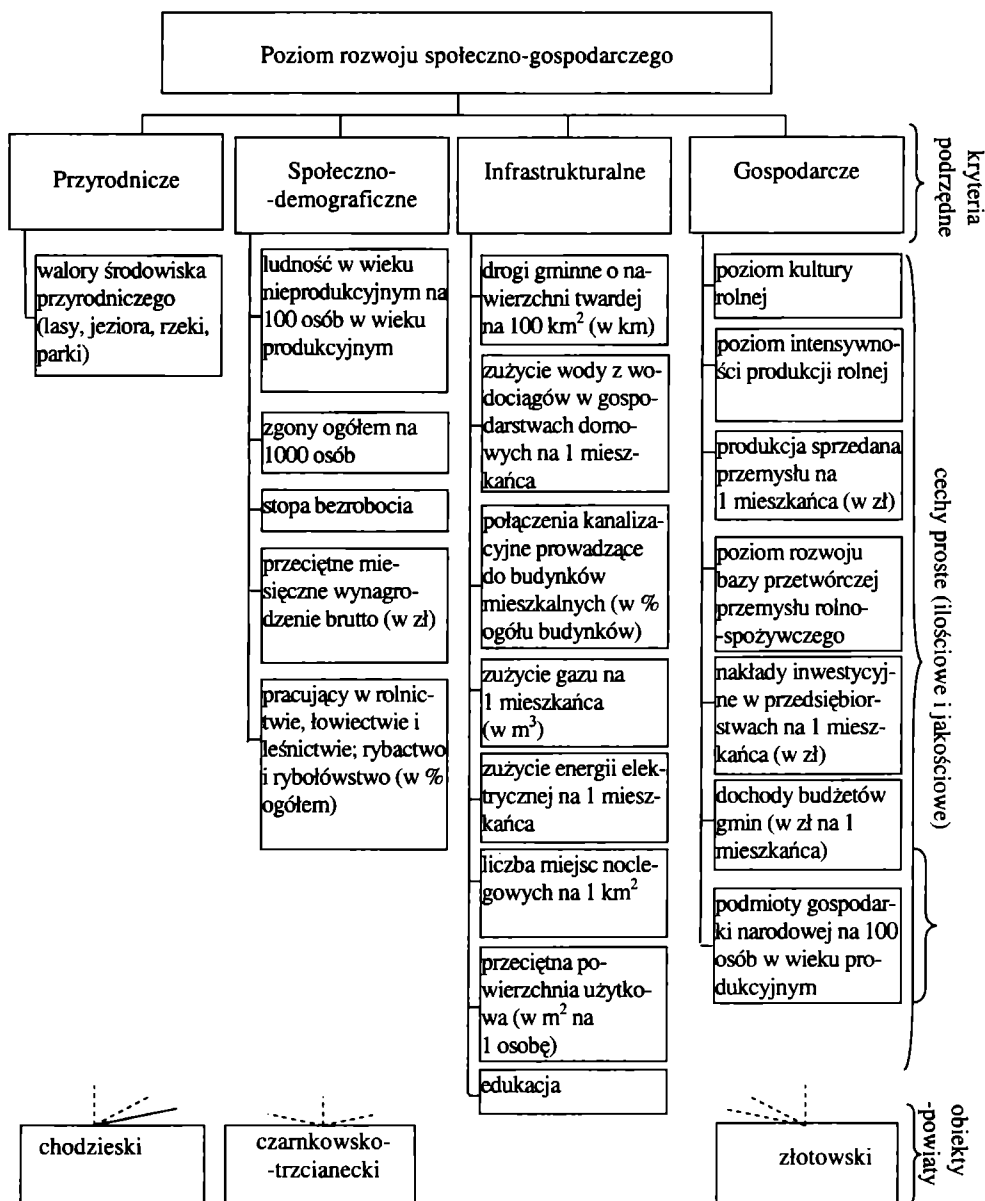
Tabela 3. Warianty i wartości wybranych cech prostych i powiatów oraz odpowiadające im trójkątne liczby rozmyte w zakresie kryterium związanego z gospodarką

Nr	Powiaty	Cechy proste			
		poziom kultury rolnej	poziom intensywności produkcji rolnej w punktach	...	podmioty gospodarki narodowej na 100 osób w wieku produkcyjnym
1	Chodzieski	$N^{a)}$	280		13,9
		(20; 30; 40) ^{b)}	(280; 280; 280)	...	(13,9; 13,9; 13,9)
2	Czarnkowsko-trzcieński	N	266		11,8
		(20; 30; 40)	(266; 266; 266)	...	(11,8; 11,8; 11,8)
...	...	...	...	...	...
31	Złotowski	$\bar{S}$	228		9,5
		(40; 50; 60)	(228; 228; 228)	...	(9,5; 9,5; 9,5)

^{a)} Warianty cechy określane jako poziomy zmiennej lingwistycznej: bardzo wysoki (BW), wysoki (W), średni ($\bar{S}$), niski (N), bardzo niski (BN) albo liczby rzeczywiste.

^{b)} Trójkątna liczba rozmyta.

Źródło: obliczenia własne na podstawie wyników badania ankietowego przeprowadzonego w starostwach powiatowych województwa wielkopolskiego (2001), *Ważniejsze dane* (2004), *Strategia rozwoju* (2000).



Rys. 2. Struktura hierarchiczna problemu oceny poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego powiatów województwa wielkopolskiego
Źródło: opracowanie własne.

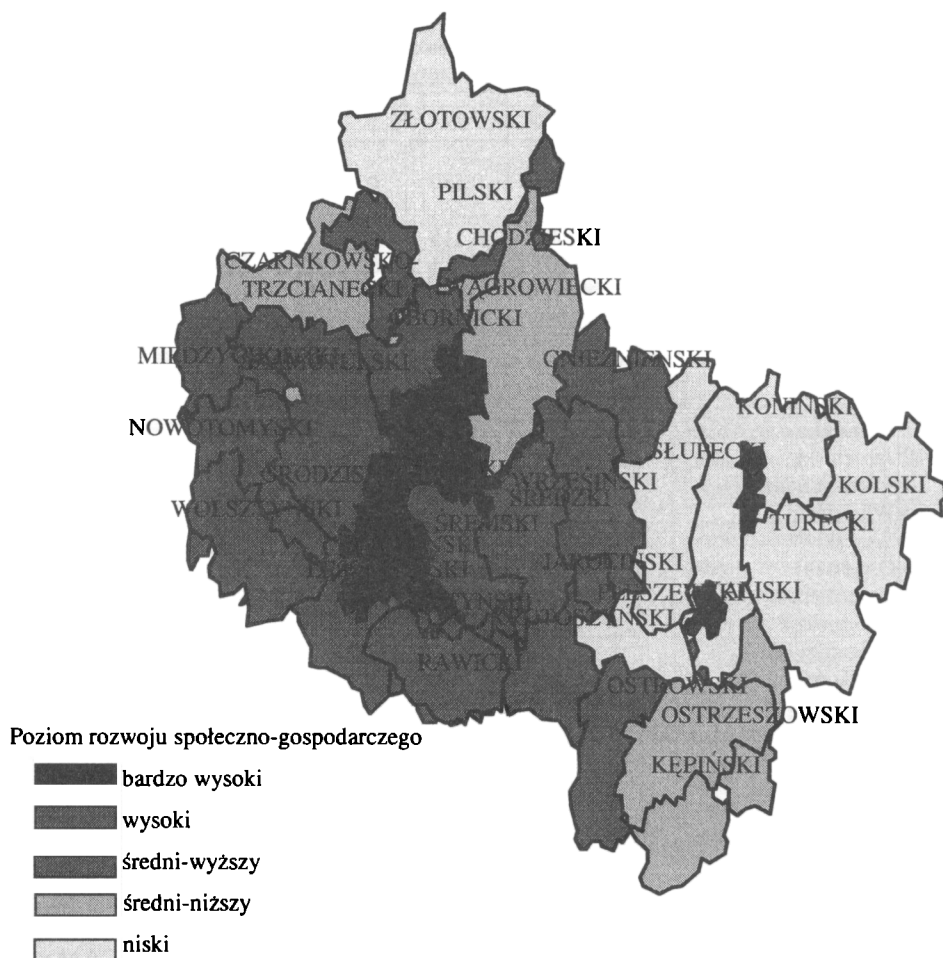
Tabela 4. Uporządkowanie liniowe powiatów województwa wielkopolskiego według poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego

Lp.	Powiaty ^{a)}	Liczby rozmyte $\tilde{S}_i$			Wartości cechy syntetycznej ^{a)}	
		a	b	c	$S_i^{(1)}$	$S_i^{(2)}$
1	Poznański				0,721	0,722
2	Gostyński	0,456	0,580	0,676	0,570	0,575
3	Kościański	0,439	0,561	0,654	0,552	0,556
4	Leszczyński	0,380	0,515	0,612	0,503	0,509
5	Krotoszyński	0,367	0,514	0,625	0,502	0,508
6	Szamotulski	0,433	0,503	0,582	0,506	0,505
7	Grodziski	0,369	0,498	0,587	0,484	0,491
8	Pilski	0,430	0,486	0,557	0,491	0,489
9	Wolsztyński	0,395	0,486	0,577	0,486	0,486
10	Średzki	0,347	0,483	0,577	0,469	0,476
11	Rawicki	0,365	0,478	0,553	0,465	0,472
12	Jarociński	0,292	0,467	0,596	0,452	0,459
13	Międzychodzki	0,314	0,462	0,578	0,451	0,457
14	Wrzesiński	0,314	0,452	0,544	0,437	0,444
15	Śremski	0,316	0,427	0,531	0,425	0,426
16	Ostrowski	0,307	0,422	0,528	0,419	0,421
17	Gnieźnieński	0,306	0,419	0,522	0,416	0,417
18	Obornicki	0,331	0,414	0,499	0,415	0,414
19	Nowotomyski	0,308	0,415	0,515	0,413	0,414
20	Chodzieski	0,328	0,403	0,448	0,393	0,398
21	Kępiński	0,294	0,390	0,490	0,391	0,391
22	Czarnkowsko-trzcianecki	0,275	0,368	0,420	0,354	0,361
23	Wągrowiecki	0,229	0,358	0,470	0,352	0,355
24	Ostrzeszowski	0,265	0,339	0,408	0,338	0,338
25	Kaliski	0,205	0,330	0,424	0,320	0,325
26	Złotowski	0,178	0,281	0,364	0,274	0,278
27	Pleszewski	0,198	0,270	0,337	0,268	0,269
28	Kolski	0,166	0,268	0,376	0,270	0,269
29	Turecki	0,220	0,248	0,319	0,262	0,255
30	Koniński	0,232	0,255	0,266	0,251	0,253
31	Słupecki	0,168	0,211	0,270	0,216	0,214

^{a)} Uszeregowanie powiatów według wartości cechy syntetycznej $S_i^{(2)}$.

Źródło: obliczenia własne na podstawie tab. 2 i 3.

Otrzymane rozmyte macierze danych i wektory współczynników wagowych dla cech stanowiły podstawę do zastosowania rozmytej metody TOPSIS. Po wykonaniu kolejnych kroków procedury otrzymano wartości rozmyte syntetycznego miernika rozwoju społeczno-gospodarczego powiatów. Tabela 4 pokazuje uporządkowanie liniowe powiatów według nierosnących wartości rzeczywistych cechy syntetycznej, uzyskanych za pomocą formuły $S_i^{(2)} = (a^{(i)} + 4b^{(i)} + c^{(i)})/6$, ($i = 1, 2, \dots, 31$) (etap 4).



Rys. 3. Delimitacja przestrzenna typów poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego w województwie wielkopolskim

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z tab. 5.

Delimitację przestrzenną typów poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego przedstawiono na mapie województwa wielkopolskiego (rys. 3). Pierwszy typ utworzył powiat poznański, najlepiej rozwinięty pod względem społeczno-gospodarczym. Istotny wpływ na rozwój tego powiatu ma oddziaływanie aglomeracji miejskiej Poznania. Drugi typ utworzyły dwa powiaty: kościański i gostyński. Są to tereny o wysokim poziomie rozwoju. Kolejny trzeci typ obejmuje szesnaście powiatów, głównie z południowo-zachodniej części województwa. Powiaty te cechują się średnim wysokim poziomem rozwoju społeczno-gospodarczego. Czwarty typ obejmuje obszar sześciu powiatów głównie z północnej i południowej części województwa. Są to tereny o średnim niskim poziomie rozwoju społeczno-

gospodarczego. Ostatni piąty typ to tereny o niskim poziomie rozwoju społeczno-gospodarczego. Ten typ utworzyło sześć powiatów położonych peryferyjnie, głównie we wschodniej części województwa.

4. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń i analiz można sformułować następujące stwierdzenia:

1. Zaproponowana rozmyta metoda porządkowania liniowego obiektów może być przydatna w procedurze tworzenia zmiennej syntetycznej, zwłaszcza gdy w zbiorze cech prostych występują cechy o charakterze zarówno ilościowym, jak i jakościowym – porządkowym.

2. Dzięki zastosowaniu analitycznego procesu hierarchicznego w procesie tworzenia cechy syntetycznej można kryteriom i cechom prostym przypisać zróżnicowane współczynniki wagowe. Są one ustalone merytorycznie przez ekspertów.

3. Cechy proste jakościowe i ilościowe zostają przedstawione w postaci trójkątnych liczb rozmytych i dzięki temu nie następuje strata informacji w nich zawartych.

4. Typologia powiatów oparta na proponowanym mierniku S_i trafnie odzwierciedla różnice międzyklasowe w zakresie poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego.

Literatura

- Błachnio A., Filipkowski P. (1999), *Sztuczna inteligencja*, W/IZM/1/99, <http://www.cyberforum.edu.pl/>.
- Chang Y.H., Yeh C.H. (2004), *A New Airline Safety Index*, *Transportation Research Part B*, nr 38, s. 369-383.
- Chen S.M. (1996), *Evaluating Weapon Systems Using Fuzzy Arithmetic Operations*, „Fuzzy Sets and Systems” nr 77 (3), s. 265-276.
- Chen C.T. (2000), *Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment*, „Fuzzy Sets and Systems” nr 114 (1), s. 1-9.
- Chen S.H. (1985), *Ranking Fuzzy Numbers with Maximizing Set and Minimizing Set*, „Fuzzy Sets and Systems” nr 17, s. 113-129.
- Chen M.F., Tzeng G.H. (2004), *Combining Grey Relation and TOPSIS Concepts for Selecting an Expatriate Host Country*, „Mathematical and Computer Modelling” nr 40, s. 1473-1490.
- Ding J.F., Liang G.S. (2005), *Using Fuzzy MCDM to Select Partners of Strategic Alliances for Liner Shipping*, „Information Sciences” nr 173 (1-3), s. 197-225.

- Hellwig Z. (1968), *Zastosowania metody taksonomicznej do typologicznego podziału krajów ze względu na poziom ich rozwoju i strukturę wykwalifikowanych kadr*, „Przegląd Statystyczny”, z. 4, s. 307-327.
- Kaufmann A., Gupta M.M. (1991), *Introduction to Fuzzy Arithmetic Theory and Application*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Saaty T.L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process Planning. Priority Setting. Resource Allocation*, MacGraw-Hill, New York International Book Company.
- Triantaphyllou E. (2000), *Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Triantaphyllou E., Lin C. (1996), *Development and Evaluation of Five Fuzzy Multi-Attribute Decision-Making Methods*, „Approximate Reasoning”, vol. 14, nr 4, s. 281-310.
- Wysocki F. (1996), *Metody statystycznej analizy wielowymiarowej w rozpoznawaniu typów struktury przestrzennej rolnictwa*, Rozprawy Naukowe, z. 266, Rocz. AR w Poznaniu.
- Wysocki F., Łuczak A. (2002 a), *Wykorzystanie metod taksonometrycznych i analitycznego procesu hierarchicznego do wyboru scenariuszy rozwoju obszarów wiejskich*, „Zagadnienia Ekonomiki Rolnej” nr 4-5.
- Wysocki F., Łuczak A. (2002 b), *Zastosowanie analitycznego procesu hierarchicznego do opracowywania scenariuszy rozwoju obszarów wiejskich, Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania*, Taksonomia 9, AE, Wrocław.
- Wysocki F., Łuczak A. (2004), *Zastosowanie rozmytej wielokryterialnej metody podejmowania decyzji do oceny poziomu rozwoju obszarów wiejskich*. „Wiadomości Statystyczne” nr 3.

FUZZY MULTI-CRITERIA METHOD OF LINEAR ORDERING OF OBJECTS

Summary

The aim of this paper was to investigate the applicability of the fuzzy multi-criteria linear ordering method to the construction of synthetic characteristics. Proposed approach base on two methods: analytical hierarchy process (to calculate weight of criterias) and method TOPSIST (to ranking of objects). The proposed procedure was employed to assess the socio-economic development of rural Wielkopolska seen as a collection of counties.