

OCENA WAŻNOŚCI CZYNNIKÓW STRATEGICZNYCH W GMINIE WIEJSKIEJ Z WYKORZYSTANIEM ROZMYTEGO ANALITYCZNEGO PROCESU HIERARCHICZNEGO

Aleksandra Łuczak

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Abstrakt. W pracy dokonano oceny ważności czynników strategicznych (celów i zadań strategicznych) w gminie wiejskiej z wykorzystaniem rozmytego analitycznego procesu hierarchicznego. Proponowana metoda polega na budowie hierarchicznego schematu decyzyjnego, który składa się z celu głównego, celów podrzędnych i zadań strategicznych. Poszczególne elementy schematu decyzyjnego zostają ocenione przez ekspertów lokalnych – radnych – i na tej podstawie oblicza się ich wagi ważności. Proponowana procedura została zilustrowana przykładem dotyczącym oceny ważności celów i zadań strategicznych dla gminy Tarnowo Podgórne w województwie wielkopolskim.

Słowa kluczowe: ocena ważności czynników strategicznych, rozmyty analityczny proces hierarchiczny (FAHP), gmina wiejska

WSTĘP

Planowanie rozwoju jednostek administracyjnych jest z jednej strony ważne w podnoszeniu ich atrakcyjności, a z drugiej pomocne w pozyskiwaniu środków z budżetu Unii Europejskiej. Do tego procesu jest niezbędne opracowanie i uaktualnianie strategii, planów i programów rozwoju na każdym szczeblu administracyjnym. Przygotowywanie tych dokumentów wymaga wielu prac, w tym również oceny poszczególnych czynników strategicznych. Istnieje wiele metod pozwalających na ocenę czynników strategicznych, jednak często są to metody o charakterze opisowym. W pracy zaproponowano

metodę rozmytego analitycznego procesu hierarchicznego (*The Fuzzy Analytic Hierarchy Process* – FAHP) pozwalającą na kwantyfikację czynników strategicznych.

Celem pracy jest przedstawienie możliwości zastosowania rozmytego analitycznego procesu hierarchicznego do oceny ważności czynników strategicznych, które wpływają na rozwój gminy na przykładzie gminy Tarnowo Podgórne w województwie wielkopolskim.

FAHP jest jedną z metod wspomagających proces podejmowania decyzji, która jednocześnie pozwala kwantyfikować elementy wywierające wpływ na rozwój gminy. Wykorzystanie tej metody w procesie planowania rozwoju wymaga przyjęcia założeń, dotyczących hierarchii elementów wywierających wpływ na rozwój gminy. Z tego powodu jako podstawę przyjęto cel główny, którym jest zapewnienie najlepszego zrównoważonego rozwoju gminy, cele podrzędne (dotyczące – ochrony środowiska naturalnego, wspierania rozwoju gospodarczego, restrukturyzacji rolnictwa, rozwoju infrastruktury technicznej i rozwoju infrastruktury społecznej), a w ramach każdego z nich – pakiet zadań (kierunków działań).

Za podstawę źródłową badań przyjęto dane uzyskane z badania ankietowego nt. stanu i możliwości rozwojowych gminy Tarnowo Podgórne przeprowadzonego wśród 21 radnych tej gminy w 2011 roku.

METODYKA BADAŃ

Procedura oceny czynników strategicznych opiera się na rozmytym analitycznym procesie hierarchicznym¹ [Chang 1996, Wang i in. 2008, Łuczak i Wysocki 2011 a, b], który jest metodą stosowaną do rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych i przebiega według następujących etapów:

Etap I. Konstrukcja hierarchicznego schematu decyzyjnego. W procesie tym jest konstruowany hierarchiczny schemat decyzyjny składający się z celu głównego, celów pośrednich oraz zadań. Cel główny jest umieszczany na szczycie hierarchii i składa się z kilku celów podrzędnych będących jego uszczegółowieniem. Kolejny poziom schematu decyzyjnego tworzą zadania, których realizacja jest niezbędna do osiągnięcia celów podrzędnych. Zadania również mogą zostać rozłożone na podrzędne działania. Schemat decyzyjny jest zbudowany z kilku poziomów, których liczba jest zależna od stopnia ogólności, jaki pragnie się utrzymać w rozważaniach. Cel główny i cele podrzędne oraz zadania powinny być wzajemnie powiązane.

Etap II. Porównanie parami zadań w ramach celu podrzędnego. Na każdym poziomie hierarchii porównuje się parami ważność elementów decyzyjnych wykorzystując do tego rozmytą dziesięciostopniową skalę (tab. 1). Porównania te są analizowane pod

¹ W literaturze przedmiotu zostało zaproponowanych kilka podejść do FAHP. Pierwsza metoda była przedstawiona przez van Laarhovena i Pedrycza [1983], którzy zastosowali w porównaniach trójkątne liczby rozmyte. Natomiast Buckley [1985] w tym celu zastosował trapezoidalne liczby rozmyte. Boender i in. [1989] wprowadzili korektę do metody van Laarhovena i Pedrycza. Ruoning i Xiaoyan [1992, 1996] prowadzili dyskusję na temat możliwości rozszerzenia AHP w rozmytym środowisku. Inne propozycje FAHP można prześledzić m. in. w pracach Mohanty'ego i Singha [1994], Changa [1996], Buckley'a i in. [2001], Csutora i Buckley'a [2001] [zob. też Tiryaki i Ahlatcioglu 2009].

Tabela 1. Dziewięciostopniowa skala oceny ważności elementów parami
 Table 1. Nine-level scale for measuring the importance of a pair of elements

Przewaga ważności elementów decyzyjnych Predominance of importance of decision elements	Objaśnienie Explanation	Wagi ważności Intensity of importance ($\tilde{a} = (l, m, u)$)
Równoważność Equal Importance	Oba czynniki przyczyniają się równo do osiągnięcia celu. Two activities contribute equally to the objective.	$\tilde{1} = (1, 1, 1)$
Słaba lub umiarkowana Moderate importance	Nieprzekonywujące znaczenie lub słaba preferencja jednego czynnika nad drugim. Experience and judgment slightly favour one activity over another.	$\tilde{3} = (1, 3, 5)$
Istotna, zasadnicza, mocna Strong importance	Zasadnicze lub mocne znaczenie lub mocna preferencja jednego czynnika nad innymi. Experience and judgment strongly favour one activity over another.	$\tilde{5} = (3, 5, 7)$
Zdecydowana lub bardzo mocna Very strong or demonstrated importance	Zdecydowane znaczenie lub bardzo mocna preferencja jednego czynnika nad innym. Activity is favored very strongly over another; its dominance demonstrated in practice.	$\tilde{7} = (5, 7, 9)$
Absolutna Extreme importance	Absolutne znaczenie lub absolutna preferencja jednego czynnika nad innym. Evidence favouring one activity over another is of the highest possible order of affirmation.	$\tilde{9} = (7, 9, 9)$
Dla porównań kompromisowych pomiędzy powyższymi wartościami For compromise between the above values	Czasami istnieje potrzeba interpolacji numerycznej kompromisowych opinii, ponieważ nie ma odpowiedniego słownictwa do ich opisania, dlatego stosuje się pośrednie wartości między dwoma sąsiednimi ocenami. Sometimes one needs to interpolate a compromise judgment numerically because there is no good word to describe it.	$\tilde{2} = (1, 2, 4);$ $\tilde{4} = (2, 4, 6);$ $\tilde{6} = (4, 6, 8);$ $\tilde{8} = (6, 8, 9)$
Przechodność ocen Transitivity of evaluation	Jeżeli i -ty czynnik ma przypisany jeden z powyższych stopni podczas porównania do j -tego czynnika, wtedy j -ty czynnik ma odwrotną wartość, gdy porównuje się do i -tego. If activity i has one of the above non-zero numbers assigned to it when compared with activity j , then j has the reciprocal value when compared with i .	odwrotności powyższych wartości reciprocals of above values

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Saaty [1980], Wang i in. [2009].
 Source: own elaboration based on: Saaty [1980], Wang et al. [2009].

względem wagi w procesie decyzyjnym. Za pomocą skali² dokonuje się porównań ważności celów podrzędnych w odniesieniu do celu głównego oraz zadań w obrębie każdego celu podrzędnego (tab. 1).

² Porównań parami ważność czynników na każdym poziomie hierarchii dokonują eksperci (decydenci) bezpośrednio związani z rozważnym procesem decyzyjnym.

Wyniki porównań zestawia się w postaci rozmytych macierzy porównań parami $\tilde{\mathbf{A}}$:

$$\tilde{\mathbf{A}} = [\tilde{a}_{kg}] = \begin{bmatrix} (1,1,1) & (l_{12}, m_{12}, u_{12}) & \dots & (l_{1p}, m_{1p}, u_{1p}) \\ (l_{21}, m_{21}, u_{21}) & (1,1,1) & \dots & (l_{2p}, m_{2p}, u_{2p}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ (l_{p1}, m_{p1}, u_{p1}) & l_{p2}, m_{p2}, u_{p2} & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix},$$

gdzie: $\tilde{a}_{kg} = (l_{kg}, m_{kg}, u_{kg})^3$, $\tilde{a}_{gk} = \tilde{a}_{kg}^{-1} = (1/u_{kg}, 1/m_{kg}, 1/l_{kg})$, $k, g = 1, 2, \dots, p$, oraz $k \neq g$, \tilde{a}_{kg} są ocenami porównań parami ważności zadań w ramach celu podrzędnego określonymi przez ekspertów lub średnimi geometrycznymi z ocen grupy ekspertów.

Etap III. Wyznaczenie sumy wartości elementów każdego wiersza rozmytej macierzy porównań parami $\tilde{\mathbf{A}}$ i normalizacja sum wierszowych za pomocą operacji na liczbach rozmytych⁴:

$$\tilde{Q}_k = (l_k, m_k, u_k) = \sum_{g=1}^p (l_{kg}, m_{kg}, u_{kg}) \otimes \left[\sum_{k=1}^p \sum_{g=1}^p (l_{kg}, m_{kg}, u_{kg}) \right]^{-1}, \quad k = 1, 2, \dots, p.$$

Etap IV. Obliczenie stopnia możliwości, że liczba rozmyta \tilde{Q}_k jest większa bądź równa liczbie \tilde{Q}_g , czyli że $\tilde{Q}_k \geq \tilde{Q}_g$ za pomocą następującego równania:

$$V(\tilde{Q}_k \geq \tilde{Q}_g) = \mu_{\tilde{Q}_k}(d) = \begin{cases} 1, & \text{dla } m_k \geq m_g \\ 0, & \text{dla } l_g \geq u_k \\ (l_g - u_k) / ((m_k - u_k) - (m_g - l_g)) & \text{w innych przypadkach,} \end{cases}$$

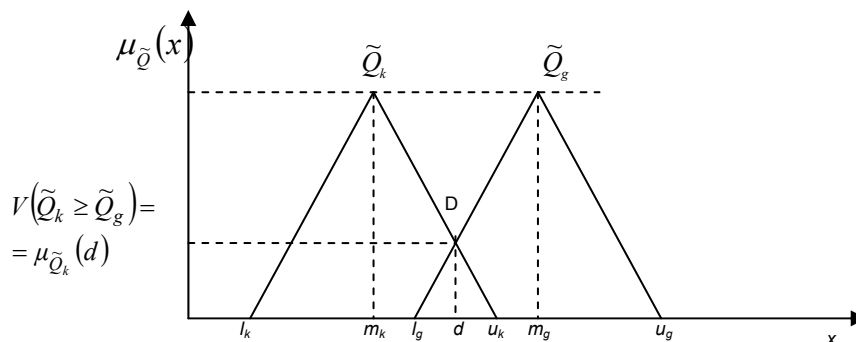
gdzie: $\tilde{Q}_k = (l_k, m_k, u_k)$ i $\tilde{Q}_g = (l_g, m_g, u_g)$ są dwiema liczbami rozmytymi, a $\mu_{\tilde{Q}_k}(d)$ (odcięta punktu D przecięcia pomiędzy funkcjami przynależności $\mu_{\tilde{Q}_k}$ i $\mu_{\tilde{Q}_g}$) jest stopniem przynależności d do \tilde{Q}_k , (rys. 1).

Etap V. Wyznaczenie najmniejszego stopnia możliwości $V(\tilde{Q}_k \geq \tilde{Q}_g)$ liczby rozmytej \tilde{Q}_k względem wszystkich pozostałych $(p-1)$ liczb rozmytych jako:

$$V(\tilde{Q}_k \geq \tilde{Q}_g | g=1, \dots, p; k \neq g) = \min_{\substack{g \in \{1, \dots, p\} \\ g \neq k}} V(\tilde{Q}_k \geq \tilde{Q}_g) = \mu_{\tilde{Q}_k}(d) = \mu_{\tilde{Q}_g}(d); \quad k = 1, 2, \dots, p.$$

³ $\tilde{a}_{kg} = (l_{kg}, m_{kg}, u_{kg})$ jest trójkątną liczbą rozmytą, reprezentowaną przez trzy oceny: pesymistyczną l_{kg} , najbardziej prawdopodobną m_{kg} i optymistyczną u_{kg} .

⁴ $(l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) \equiv (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2)$ oraz $(l_1, m_1, u_1) / (l_2, m_2, u_2) \equiv (l_1 / u_2, m_1 / m_2, u_1 / l_2)$ [Łuczak i Wysocki 2011 a].



Rys. 1. Wyznaczenie współrzędnych punktu przecięcia między \tilde{Q}_k i \tilde{Q}_g

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Chang [1996].

Fig. 1. Delimitation coordinates of point of intersection between \tilde{Q}_k and \tilde{Q}_g

Source: Own elaboration based on: Chang [1996].

Etap VI. Obliczenie wskaźników udziału:

$$w_k^{(l)} = V(\tilde{Q}_k \geq \tilde{Q}_g | g = 1, \dots, p; k \neq g) / \sum_{h=1}^p V(\tilde{Q}_h \geq \tilde{Q}_g | g = 1, \dots, p; h \neq g); k = 1, 2, \dots, p,$$

które są przyjmowane jako wagi lokalne⁵ zadań.

Etap VII. Obliczenie wartości priorytetów globalnych⁶. Oblicza się je mnożąc priorytety lokalne zadań przez priorytety globalne dla celów podrzędnych $w_k = w_k^{(l)} \cdot w$. W rezultacie wielkości w_k przyjmuje się jako priorytety globalne dla zadań i przedstawia w postaci wektora $\mathbf{W} = (w_1, w_2, \dots, w_p)^T$, przy czym $\sum_{k=1}^p w_k = w$, $w \geq 0$.

Analogicznie według etapów II-VI można obliczyć priorytety lokalne (wagi) dla celów podrzędnych, przy czym lokalne i globalne współczynniki wagowe dla danego celu podrzędneho są identyczne.

WYNIKI BADAŃ

Wytyczając cele strategiczne i zadania w gminie należy zwrócić szczególną uwagę na mocne i słabe strony gminy oraz szanse i zagrożenia pojawiające się w otoczeniu. Opierając się na tych przesłankach i Planie Rozwoju Lokalnego... [2007], Strategii

⁵ Priorytety (wagi) lokalne określają względną ważność zadań w ramach danego celu podrzędneho. Suma wag lokalnych dla zadań w ramach każdego celu podrzędneho wynosi 1.

⁶ Wagi globalne zadań reprezentują ich ważność w odniesieniu do celu głównego. Suma wszystkich wag globalnych dla zadań wynosi 1.

Rozwoju Gminy... [2009] oraz Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania... [2010] ustalono cel główny, cele podrzędne i zadania. Przyjęto, że głównym celem strategicznym dla gminy Tarnowo Podgórne będzie zapewnienie najlepszego zrównoważonego rozwoju, i że cele podrzędne będą dotyczyły: ochrony środowiska naturalnego, wspierania rozwoju gospodarczego, restrukturyzacji rolnictwa, rozwoju infrastruktury technicznej oraz rozwoju infrastruktury społecznej.

Przyjęte cele strategiczne mają charakter cywilizacyjny i wskazują na najważniejsze kierunki rozwoju gminy, ale jednak są dość ogólne. Z tego powodu jest potrzebne wytyczenie zadań, których realizacja pozwoli na urzeczywistnienie obranych celów. Zatem w ramach każdego z celów podrzędnych określono pakiet zadań:

I cel podrzędny: ochrona środowiska naturalnego (ochrona środowiska)⁷:

1. Zwiększenie powierzchni terenów leśnych i zielonych (tereny leśne i zielone).
2. Eliminacja emisji zanieczyszczeń szkodliwych dla środowiska (zanieczyszczenie).
3. Podniesienie świadomości ekologicznej (świadomość ekologiczna).
4. Rewitalizacja terenów powyrobiskowych (rewitalizacja wyrobisk).
5. Zapobieganie stepowieniu terenów gminy (zapobieganie stepowieniu).

II cel podrzędny: wspieranie rozwoju gospodarczego gminy (gospodarka):

1. Działania proinwestycyjne (inwestycje).
2. Promowanie stref aktywności gospodarczej (aktywność).
3. Utrzymanie wysokich dochodów budżetowych (dochody budżetowe).
4. Rozwój przedsiębiorczości lokalnej (przedsiębiorczość).

III cel podrzędny: restrukturyzacja rolnictwa (rolnictwo):

1. Zmiany struktury użytkowania gruntów (grunty).
2. Upowszechnienie rolnictwa ekologicznego i agroturystyki (rolnictwo ekologiczne).
3. Tworzenie gospodarstw specjalistycznych (gospodarstwa).
4. Rozwój przetwórstwa surowców rolnych (przetwórstwo surowców).
5. Samoorganizowanie się producentów rolnych (producenci rolni).

IV cel podrzędny: rozwój infrastruktury technicznej (infrastruktura techniczna):

1. Rozbudowa i modernizacja sieci dróg i ulic gminnych (drogi).
2. Rozbudowa i modernizacja sieci wodociągowej (sieć wodociągowa).
3. Rozbudowa i modernizacja sieci kanalizacyjnej (sieć kanalizacyjna).
4. Budowa obwodnic miejscowości (obwodnice).
5. Zwiększenie liczby miejsc parkingowych (miejsca parkingowe).

V cel podrzędny: rozwój infrastruktury społecznej (infrastruktura społeczna):

1. Modernizacja bazy oświatowej i kulturowej (oświata i kultura).
2. Podniesienie poziomu opieki zdrowotnej mieszkańców (opieka zdrowotna).
3. Stworzenie warunków do wypoczynku i rekreacji (rekreacja).
4. Podniesienie poziomu świadomości kulturowej (świadomość kulturowa).
5. Poprawa bezpieczeństwa na terenie gminy (bezpieczeństwo).

⁷ W nawiasach zostały podane hasła, które w dalszej części niniejszej pracy będą stosowane jako skróty przyjętych zadań.

Wyboru scenariusza rozwoju dokonano za pomocą metody rozmytego analitycznego procesu hierarchicznego. Pierwszym etapem FAHP była budowa hierarchii czynników wpływających w istotny sposób na rozwój gminy. Zestawiając pięć celów podrzędnych z dwudziestoma czterema zadaniami, została utworzona hierarchia czynników strategicznych (tab. 4). Radni gminy Tarnowo Podgórne dokonali porównań parami ważności elementów decyzyjnych na każdym poziomie hierarchii, wykorzystując w tym celu dziewięciostopniową skalę porównań. Te porównania miały służyć ocenie ważności celów podrzędnych w odniesieniu do celu głównego oraz zadań w odniesieniu do celów podrzędnych. Wyniki porównań zostały uśrednione za pomocą średniej geometrycznej i zestawione w rozmyte macierze porównań, które posłużyły do obliczenia priorytetów lokalnych i globalnych celów oraz zadań.

W tabelach 2-3 został zaprezentowany przykład obliczenia priorytetów lokalnych i globalnych dla zadań w ramach celu związanego z ochroną środowiska naturalnego. Porównując ważność zadania związanego z terenami leśnymi i zielonymi z zadaniem eliminacji zanieczyszczeń środowiska, przypisano mu z uśrednionych ocen ekspertów przewagę ważności (0,281; 0,461; 0,841 – etap II, tab. 2). Jednocześnie oznacza to, że eliminacja zanieczyszczeń środowiska w porównaniu z zadaniem związanym z terenami leśnymi i zielonymi otrzymała wagę $(1,1,1)/(0,281; 0,461; 0,841) = (1/0,841; 1/0,461; 1/0,281) = (1,189; 2,167; 3,559)$.

Tabela 2. Przykład obliczania lokalnych i globalnych priorytetów dla zadań w ramach celu podrzędnego: środowisko przyrodnicze (etapy II-III)

Table 2. Example of calculation of local and global priorities for activities within the confines of the basic goal: natural environment (stages II-III)

Zadania Activities	g	Tereny leśne i zielone Forest and green areas			Zanieczyszczenie środowiska Pollution of environment			Świadomość ekologiczna Ecological consciousness		
		1			2			3		
		k	l_{k1}	m_{k2}	u_{k1}	l_{k2}	m_{k2}	u_{k2}	l_{k3}	m_{k3}
Tereny leśne i zielone Forest and green terrains	1	1,000	1,000	1,000	0,281	0,461	0,841	0,991	1,749	2,920
Zanieczyszczenie środowiska Pollution of environment	2	1,189	2,167	3,559	1,000	1,000	1,000	0,884	1,520	2,493
Świadomość ekologiczna Ecological consciousness	3	0,342	0,572	1,009	0,401	0,658	1,131	1,000	1,000	1,000
Rewitalizacja wyrobisk Revitalization of excavations	4	0,367	0,632	1,250	0,351	0,608	1,126	0,313	0,516	0,919
Zapobieganie stepowieniu Prevention of landscape stepping	5	0,446	0,736	1,349	0,374	0,643	1,124	0,425	0,686	1,250

Tabela 2 – cd. / Table 2 – cont.

Zadania Activities	Rewitalizacja wyrobisk Revitalization of excavations			Zapobieganie stepowieniu Prevention of landscape stepping			$\sum_{g=1}^5 l_{kg}$	$\sum_{g=1}^5 m_{kg}$	$\sum_{g=1}^5 u_{kg}$	Znormalizowane wartości Normalised values \tilde{Q}_k		
	4			5						$\sum_{g=1}^5 l_{kg} /$	$\sum_{g=1}^5 m_{kg} /$	$\sum_{g=1}^5 u_{kg} /$
	l_{k4}	m_{k4}	u_{k4}	l_{k5}	m_{k5}	u_{k5}				$\sum_{k=1}^5 \sum_{g=1}^5 u_{kg}$	$\sum_{k=1}^5 \sum_{g=1}^5 m_{kg}$	$\sum_{k=1}^5 \sum_{g=1}^5 l_{kg}$
Tereny leśne i zielone Forest and green terrains	0,800	1,582	2,726	0,741	1,360	2,242	3,813	6,151	9,730	0,088	0,224	0,548
Zanieczyszczenie środowiska Pollution of environment	0,888	1,645	2,850	0,889	1,556	2,676	4,850	7,889	12,578	0,112	0,287	0,708
Świadomość ekologiczna Ecological consciousness	1,088	1,938	3,193	0,800	1,457	2,354	3,632	5,624	8,687	0,083	0,204	0,489
Rewitalizacja wyrobisk Revitalization of excavations	1,000	1,000	1,000	0,485	0,840	1,420	2,516	3,596	5,715	0,058	0,131	0,322
Zapobieganie stepowieniu Prevention of landscape stepping	0,704	1,191	2,063	1,000	1,000	1,000	2,949	4,255	6,787	0,068	0,154	0,382
	Σ						17,760	27,516	43,496	0,409	1,000	2,449

Źródło: obliczenia własne na podstawie wyników badania ankietowego, przeprowadzonego wśród radnych gminy Tarnowo Podgórne [Zaręba 2011].

Source: own calculations based on results of questionnaire investigation among councillors in the commune of Tarnowo Podgórne [Zaręba 2011].

W etapie III liczby rozmyte sumuje się dla każdego z zadań oddzielnie. Dla zadania związanego z terenami leśnymi i zielonymi ($k = 1$) obliczenia przebiegały w następujący sposób:

$$\sum_{g=1}^5 l_{1g} = 1 + 0,281 + 0,991 + 0,800 + 0,741 = 3,813$$

$$\sum_{g=1}^5 m_{1g} = 1 + 0,461 + 1,749 + 1,582 + 1,360 = 6,151$$

$$\sum_{g=1}^5 u_{1g} = 1 + 0,841 + 2,920 + 2,726 + 2,242 = 9,730$$

Tabela 3. Przykład obliczania lokalnych i globalnych priorytetów dla zadań w ramach celu podrzędnego: środowisko przyrodnicze (etapy IV-VII)

Table 3. Example of local and global priorities calculation for activities within the confines of the basic goal: natural environment (stages IV-VII)

Numer zadania Number of activity k	\tilde{Q}_k			Numer zadania Number of activity g	\tilde{Q}_g			$V(\tilde{Q}_k \geq \tilde{Q}_g)$	k	$\min V(\tilde{Q}_k \geq \tilde{Q}_g)$	$w_k^{(l)}$	w_k	Zadania Activities ($j = 1$)
	l_k	m_k	u_k		l_g	m_g	u_g						
1	0,088	0,224	0,548	2	0,112	0,287	0,708	0,874	1	0,874	0,222	0,046	tereny leśne i zielone forest and green terrains
1	0,088	0,224	0,548	3	0,083	0,204	0,489	1,000					
1	0,088	0,224	0,548	4	0,058	0,131	0,322	1,000					
1	0,088	0,224	0,548	5	0,068	0,155	0,382	1,000					
2	0,112	0,287	0,708	1	0,088	0,224	0,548	1,000	2	1,000	0,254	0,052	zanieczyszczenie środowiska pollution of environment
2	0,112	0,287	0,708	3	0,083	0,204	0,489	1,000					
2	0,112	0,287	0,708	4	0,058	0,131	0,322	1,000					
2	0,112	0,287	0,708	5	0,068	0,155	0,382	1,000					
3	0,083	0,204	0,489	1	0,088	0,224	0,548	0,954	3	0,821	0,208	0,043	świadomość ekologiczna ecological consciousness
3	0,083	0,204	0,489	2	0,112	0,287	0,708	0,821					
3	0,083	0,204	0,489	4	0,058	0,131	0,322	1,000					
3	0,083	0,204	0,489	5	0,068	0,155	0,382	1,000					
4	0,058	0,131	0,322	1	0,088	0,224	0,548	0,716	4	0,574	0,146	0,030	rewitalizacja wyrobisk revitalization of excavations
4	0,058	0,131	0,322	2	0,112	0,287	0,708	0,574					
4	0,058	0,131	0,322	3	0,083	0,204	0,489	0,764					
4	0,058	0,131	0,322	5	0,068	0,155	0,382	0,914					
5	0,068	0,155	0,382	1	0,088	0,224	0,548	0,810	5	0,672	0,170	0,035	zapobieganie stepowieniu prevention of landscape stepping
5	0,068	0,155	0,382	2	0,112	0,287	0,708	0,672					
5	0,068	0,155	0,382	3	0,083	0,204	0,489	0,857					
5	0,068	0,155	0,382	4	0,058	0,131	0,322	1,000					
									Σ	3,941	1,000	0,207	×

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych tabeli 2.
Source: own calculations based on Table 2.

$$\sum_{k=1}^5 \sum_{g=1}^5 l_{kg} = 17,760, \quad \sum_{k=1}^5 \sum_{g=1}^5 m_{kg} = 27,516, \quad \sum_{k=1}^5 \sum_{g=1}^5 u_{kg} = 43,496$$

Wtedy uzyskuje się:

$$\begin{aligned} \tilde{Q}_1 &= (l_1, m_1, u_1) = (3,813; 6,151; 9,730) \otimes (17,760; 27,516; 43,496)^{-1} = \\ &= (3,813/43,496; 6,151/27,516; 9,730/17,760) = (0,088; 0,224; 0,548). \end{aligned}$$

W etapie IV oblicza się stopnie możliwości dla $V(\tilde{Q}_k \geq \tilde{Q}_g)$. W przypadku celu ochrona środowiska naturalnego należy uwzględnić pięć cech ($g, k = 1, \dots, 5$). Porównując $\tilde{Q}_1 = (0,088; 0,224; 0,548)$ z \tilde{Q}_g , dla $g = 2, 3, 4, 5$, otrzymuje się kolejno:

$$V(\tilde{Q}_1 \geq \tilde{Q}_2) = \frac{l_2 - u_1}{(m_1 - u_1) - (m_2 - l_2)} = \frac{0,112 - 0,548}{(0,224 - 0,584) - (0,287 - 0,112)} = 0,874,$$

$$m_1 \geq m_3 \text{ i } V(\tilde{Q}_1 \geq \tilde{Q}_3) = 1, \quad m_1 \geq m_4 \text{ i } V(\tilde{Q}_1 \geq \tilde{Q}_4) = 1, \quad m_1 \geq m_5 \text{ i } V(\tilde{Q}_1 \geq \tilde{Q}_5) = 1.$$

W etapie V wyznacza się wartość minimalną stopnia możliwości:

$$V(\tilde{Q}_1 \geq \tilde{Q}_g | g = 1, \dots, 5; g \neq 1) = \min(0,874; 1; 1; 1; 1) = 0,874.$$

Następnie oblicza się współczynniki wagowe, najpierw jako wagi lokalne (etap VI, tab. 3). Dla omawianego zadania ($k = 1$) współczynnik ten wynosi:

$$w_1^{(l)} = V(\tilde{Q}_1 \geq \tilde{Q}_g | g = 2, \dots, 5) / \sum_{h=1}^5 V(\tilde{Q}_h \geq \tilde{Q}_g | g = 2, \dots, 5) = 0,874 / 3,941 = 0,222.$$

Globalny współczynnik wagowy uzyskuje się $w_{21} = w_{21}^{(l)} \cdot w_1 = 0,222 \cdot 0,207 = 0,046$ (etap VII).

Analogicznie według etapów II-VII obliczono globalne współczynniki wagowe dla pozostałych zadań (tab. 4).

Tabela 4. Ocena ważności czynników wywierających wpływ na rozwój gminy Tarnowo Podgórne
Table 4. Estimate of important of factors exerting the influence on development of commune Tarnowo Podgórne

Poziom hierarchii Level of hierarchy	Cele strategiczne i zadania Strategic goals and activities	Priorytety – Priorities	
		lokalne local	globalne global
1	2	3	4
Cel główny Main goal	zapewnienie zrównoważonego rozwoju assurance of sustainable development	1,000	1,000
Cel podrzędny I Basic goal I	ochrona środowiska – protection of environment	0,207 ^{a)}	0,207
Zadania Activities	tereny leśne i zielone – forest and green terrains	0,222 ^{b)}	0,046
	zanieczyszczenie – pollution of environment	0,254	0,053
	świadomość ekologiczna – ecological consciousness	0,208	0,043
	rewitalizacja wyrobisk – revitalization of excavations	0,146	0,030
	zapobieganie stepowieniu – prevention of stepping	0,170	0,035

Tabela 4 – cd. / Table 4 – cont.

1	2	3	4
Cel podrzędny II Basic goal II	gospodarka – economy	0,205	0,205
Zadania Activities	inwestycje – investments	0,251	0,051
	aktywność – economic activity	0,281	0,058
	dochody budżetowe – budget incomes	0,185	0,038
	przedsiębiorczość – local enterprise	0,283	0,058
Cel podrzędny III Basic goal III	rolnictwo – agriculture	0,128	0,128
Zadania Activities	grunty – soils	0,201	0,026
	rolnictwo ekologiczne – ecological agriculture	0,259	0,033
	gospodarstwa – farms	0,244	0,031
	przetwórstwo surowców – processing of materials	0,160	0,021
	producenci rolni – agricultural producers	0,136	0,017
Cel podrzędny IV Basic goal IV	infrastruktura techniczna – technical infrastructure	0,252	0,252
Zadania Activities	drogi – roads	0,238	0,060
	sieć wodociągowa – water-supply net	0,197	0,050
	sieć kanalizacyjna – sewage net	0,213	0,054
	obwodnice – bypass	0,145	0,036
	miejsca parkingowe – parking places	0,207	0,052
Cel podrzędny V Basic goal V	infrastruktura społeczna – social infrastructure	0,208	0,208
Zadania Activities	oświata i kultura – education and culture	0,221	0,046
	opieka zdrowotna – health care	0,279	0,058
	rekreacja – recreation	0,185	0,038
	świadomość kulturowa – cultural consciousness	0,117	0,025
	bezpieczeństwo – safety	0,198	0,041

^{a)}Priorytet globalny – suma wszystkich priorytetów globalnych na każdym poziomie hierarchii wynosi 1.

^{b)}Priorytet lokalny – suma priorytetów lokalnych zadań obliczonych w odniesieniu do związanego z nimi celu podrzędnego wynosi 1.

Źródło: obliczenia własne na podstawie wyników badania ankietowego, przeprowadzonego wśród radnych gminy Tarnowo Podgórne [Zaręba 2011].

^{a)}Global priority – sum of all global priorities on every level of hierarchy is 1.

^{b)}Local Priority – counted in reference to the sum of local priorities of activities to connected with them basic goal equals 1.

Source: own estimation base on results of questionnaire investigation among councillors in the commune of Tarnowo Podgórne [Zaręba 2011].

Na II poziomie hierarchii przeprowadzono porównania stopnia ważności celów podrzędnych w obrębie przyjętego celu głównego. Na rysunku 3 przedstawiono, że najwyższy priorytet globalny uzyskał cel związany z rozwojem infrastruktury technicznej (0,252). Oznacza to, że poprawa i rozwój infrastruktury technicznej ma największy wpływ na zapewnienie zrównoważonego rozwoju gminy.

Drugim ważnym celem podrzędnym, mającym wpływ na osiągnięcie celu głównego, jest infrastruktura społeczna (0,208), a następnie ochrona środowiska przyrodniczego (0,207) oraz gospodarka (0,205). Natomiast mniejsze znaczenie ma restrukturyzacja rolnictwa (0,128).

Najważniejszymi zadaniami, które wpływają na osiągnięcie celu głównego są: rozbudowa i modernizacja sieci dróg i ulic gminnych (0,060), promowanie stref aktywności gospodarczej (0,058), rozwój przedsiębiorczości lokalnej (0,058) oraz podniesienie poziomu opieki zdrowotnej mieszkańców (0,058). Wpływają one w około 6% na osiągnięcie celu głównego. Do istotnych zadań należy zaliczyć też rozbudowę i modernizację sieci kanalizacyjnej (0,054), eliminację emisji zanieczyszczeń szkodliwych dla środowiska (0,053), zwiększenie liczby miejsc parkingowych (0,052) oraz rozbudowę i modernizację sieci wodociągowej (0,050) (tab. 4).

Pozostałe zadania miały mniejsze znaczenie w osiągnięciu celu głównego. Wartość ich priorytetów globalnych była niższa niż 0,05. Za najmniej istotne w osiąganiu celu głównego radni uznali zadania wpływające na osiągnięcie celu związanego z restrukturyzacją rolnictwa, tj.: samoorganizowanie się producentów rolnych (0,017) oraz rozwój przetwórstwa surowców rolnych (0,021).

PODSUMOWANIE

Zaproponowana metoda rozmytego analitycznego procesu hierarchicznego (FAHP) jest przydatna w procesie oceny ważności czynników strategicznych. Metoda ta pozwala kwantyfikować ważności celów i zadań, czyli elementów przeważnie o charakterze jakościowym poprzez wyznaczenie lokalnych i globalnych priorytetów opierając się na ocenach grupy ekspertów.

W prezentowanym przykładzie, w ramach pięciu celów podrzędnych, były analizowane dwadzieścia cztery zadania. Badania wykazały, że według opinii radnych najważniejszym celem był rozwój infrastruktury technicznej, a najmniejsze znaczenie miał cel związany z restrukturyzacją rolnictwa. Natomiast do najważniejszych zadań, które wpływały na osiągnięcie celu głównego należy zaliczyć promowanie stref aktywności gospodarczej oraz podniesienie poziomu opieki zdrowotnej mieszkańców. Za najmniej istotne w osiąganiu celu głównego radni uznali zadania związane z samoorganizowaniem się producentów rolnych, rozwojem przetwórstwa surowców rolnych oraz zmianą struktury użytkowania gruntów.

W proponowanej metodzie istnieje możliwość wyeliminowania czynników strategicznych o najmniejszym znaczeniu w sensie merytorycznym (w opinii ekspertów). Jednak w prezentowanym przykładzie nie został wyeliminowany żaden z czynników, dlatego można uznać, że zarówno cele, jak i zadania miały istotne znaczenie w osiąganiu celu głównego.

Proponowane podejście może zostać zastosowane do oceny ważności czynników strategicznych w różnych jednostkach administracyjnych.

LITERATURA

- Boender C.G.E., deGraan J.G., Lootsma F.A., 1989. Multi-criteria decision analysis with fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy Sets Sys.* 29, 133-143.
- Buckley J.J., 1985. Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets Sys.* 17, 233-247.
- Buckley J.J., Feuring T., Hayashi Y., 2001. Fuzzy hierarchical analysis revisited. *Eur. J. Oper. Res.* 129 (1), 48-64.
- Chang D.-Y., 1996. Application of the extent analysis method on fuzzy AHP. *Eur. J. Oper. Res.* 95 (3), 649-655.
- Csutora R., Buckley J.J. 2001, Fuzzy hierarchical analysis: the Lambda-Max method. *Fuzzy Sets Sys.* 120 (2), 181-195.
- Mohanty B.K., Singh N., 1994. Fuzzy relational equations in analytical hierarchy process. *Fuzzy Sets Sys.* 63. 11-19.
- Łuczak A., Wysocki F., 2011 a. Porządkowanie liniowe obiektów z wykorzystaniem rozmytych metod AHP i TOPSIS. *Przeł. Stat.* 53 (1-2), 3-23.
- Łuczak A., Wysocki F., 2011 b. Programowanie rozwoju w gminie wiejskiej z wykorzystaniem rozmytego analitycznego procesu hierarchicznego. *Stud. Reg. Lok.* 43 (1), 97-117.
- Plan Rozwoju Lokalnego na lata 2008-2013 gminy Tarnowo Podgórne. 2007. Urząd Gminy Tarnowo Podgórne.
- Ruoning X., Xiaoyan Z., 1992. Extensions of the Analytic Hierarchy Process in Fuzzy Environment. *Fuzzy Sets Sys.* 52, 251-257.
- Ruoning X., Xiaoyan Z., 1996. Fuzzy logarithmic least squares ranking method in analytical hierarchy process. *Fuzzy Sets Sys.* 77, 175-190.
- Saaty T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, MacGraw-Hill, New York International Book Company.
- Strategia rozwoju gminy Tarnowo Podgórne. 2009. Komisja ds. Opracowania Strategii Rozwoju Gminy – Urząd Gminy Tarnowo Podgórne.
- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Tarnowo Podgórne 2010. INPLUS Doradztwo Inwestycyjne, Olsztyn.
- Tiryaki F., Ahlatcioglu B., 2009. Fuzzy portfolio selection using fuzzy analytic hierarchy process. *Inf. Sci.* 179, 53-69.
- van Laarhoven P.J.M., Pedrycz W., 1983. A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy Sets Sys.* 11, 229-241.
- Wang J.-W., Cheng C.-H., Kun-Cheng H., 2009. Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection. *Appl. Soft Comput.* 9, 377-386.
- Wang Y.-M., Luo Y., Hua Z., 2008. On the extent analysis method for fuzzy AHP and its applications. *Eur. J. Oper. Res.* 186, 735-747.
- Zaręba K., 2011. Planowanie rozwoju gminy wiejskiej Tarnowo Podgórne z wykorzystaniem metody AHP. Materiał źródłowy. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Poznań.

**EVALUATION OF IMPORTANCE OF STRATEGIC FACTORS
IN A RURAL COMMUNE WITH A UTILIZATION
OF FUZZY ANALYTIC HIERARCHIC PROCESS**

Summary. The paper is a trial of an application of fuzzy analytical hierarchy process to evaluation of importance of strategic factors in a rural commune. The proposed method consists in building hierarchical scheme. It consists of: general goal, which is ensure the assurance of sustainable development in administrate district, basic goals and within each goal, a "package" of activities can be distinguished. On respective levels, elements are

pairwise compared by experts. Next priorities of each element are estimated. The proposed procedure was employed to evaluation of importance of strategic goals and activities of the rural commune of Tarnowo Podgórne in the Wielkopolska province.

Key words: evaluation of strategic factors, Fuzzy Analytic Hierarchic Process (FAHP), rural commune

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 11.06.2012

Do cytowania – For citation: Łuczak A., 2012. Ocena ważności czynników strategicznych w gminie wiejskiej z wykorzystaniem rozmytego analitycznego procesu hierarchicznego. J. Agribus. Rural Dev. 4(26), 43-56.