

# PROCES ANALITYCZNEJ HIERARCHIZACJI W OCENIE WARIANTÓW ROZWIĄZAŃ PROJEKTOWYCH

*Paweł Cabala*<sup>1</sup>

## **Streszczenie**

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości wykorzystania metody AHP w procesie projektowania<sup>2</sup>. W pierwszej części artykułu omówione zostały założenia teoretyczne metody AHP (procesu analitycznej hierarchizacji). Na początku przedstawiono zasady budowy struktury hierarchicznej systemu, a następnie procedury oceny elementów systemu. Zwrócono przy tym uwagę na sposób weryfikacji spójności ocen. Druga część artykułu koncentruje się na charakterystyce przypadku zastosowania metody w procesie projektowania systemu komunikacji zewnętrznej firmy. W artykule przyjęto założenie, że wszechstronna ocena wariantów projektowych umożliwia głębsze zrozumienie problemu projektowego oraz jest podstawą wyboru najlepszego rozwiązania.

**Słowa kluczowe:** warianty projektowe, struktura hierarchiczna, wielokryterialny system oceny, metoda porównań parami, analiza spójności.

## **1. Wprowadzenie**

W procesie projektowania wyróżniane są następujące fazy: identyfikacja problemu, analiza sytuacji, definiowanie problemu, opracowywanie wariantów rozwiązań, ocena wariantów, wybór wariantu racjonalnego oraz rozwinięcie wybranego wariantu<sup>3</sup>. Ocena wariantów oraz wybór wariantu racjonalnego pełnią

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Wydział Zarządzania / Cracow University of Economics, Faculty of Management, e-mail: cabalap@uek.krakow.pl.

<sup>2</sup> Publikacja została sfinansowana ze środków przyznanych Wydziałowi Zarządzania Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, w ramach dotacji na utrzymanie potencjału badawczego.

<sup>3</sup> Zestawienie faz procesu projektowania według różnych autorów można znaleźć w np. pracy (Sielicki, Jeleniewski, 1980).

fundamentalną rolę w tym procesie. Warianty projektowe to propozycje rozwiązania określonego problemu. W zależności od stopnia konkretyzacji zadania projektowego, mogą one być formułowane bardziej lub mniej szczegółowo, co stwarza określone trudności praktyczne i teoretyczne. Trudności praktyczne wynikają z konieczności redukcji kosztów i ryzyka procesów informacyjno-decyzyjnych; trudności teoretyczne sprowadzają się natomiast do budowy sytemu oceny spełniającego wymogi kompletności, spójności i wszechstronności.

Celem artykułu jest ukazanie możliwości wykorzystania metody AHP w procesie projektowania. W pierwszej części artykułu omówiono założenia teoretyczne metody AHP (procesu analitycznej hierarchizacji), w drugiej części przedstawiono przypadek zastosowania tej metody w procesie projektowania sytemu komunikacji zewnętrznej firmy.

Analityczny proces hierarchizacji (*Analytic Hierarchy Process*) jest uniwersalnym podejściem badawczym, które wspomaga formułowanie i rozwiązywanie złożonych problemów decyzyjnych. Podejście to, określane w skrócie jako metoda AHP, zostało zaproponowane po raz pierwszy przez T. Saaty'ego w latach 70. XX w. Od tego czasu metoda AHP była wielokrotnie stosowana w praktyce, a także stanowiła przedmiot wielu dyskusji teoretycznych<sup>4</sup>.

Metoda AHP polega na wszechstronnej ocenie badanego sytemu na podstawie identyfikacji jego struktury hierarchicznej. W ocenie systemu mogą być wykorzystywane zarówno kryteria ilościowe, jak i jakościowe, a proponowane procedury analityczne są intuicyjne i pozwalają zweryfikować spójność ocen subiektywnych. Dzięki tym cechom metoda AHP może być z powodzeniem wykorzystywana w procesie oceny wariantów projektowych dowolnego systemu.

Analityczny proces hierarchizacji sprowadza się do realizacji dwóch faz badawczych. W pierwszej fazie przygotowywana jest struktura hierarchiczna systemu, którą w odniesieniu do procesu projektowania można odnieść do formułowania celu projektu, definiowania kryteriów oceny oraz opracowania wariantów rozwiązań. W drugiej fazie następuje ocena elementów systemu metodą porównań parami oraz weryfikacja spójności dokonywanych ocen.

## 2. Struktura hierarchiczna systemu

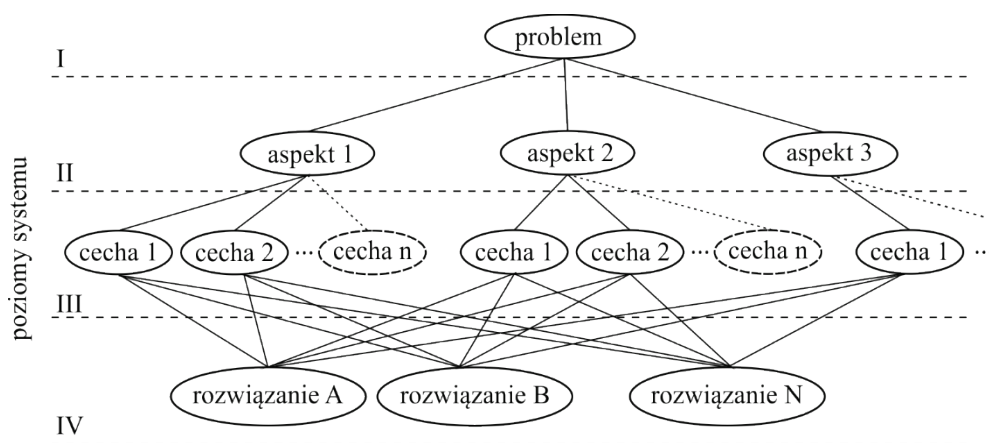
Jedną z ważnych koncepcji teoretycznych, które mają zastosowanie w rozwiązywaniu problemów projektowych jest podejście systemowe. Każdy problem można bowiem opisać jako pewną całość o powiązanych ze sobą częściach składowych. Powiązania między elementami systemu wskazują na elementy podpo-

---

<sup>4</sup> Por. edycje specjalne „Socio-Economic Planning Sciences” (1986, no. 6 oraz 1991, no. 2), „European Journal of Operational Research” (1990, no. 1), „Mathematical Modeling” (1987, no. 3–5) Przegląd pozycji poświęconych wczesnym zastosowaniom praktycznym analitycznego procesu hierarchizacji zawiera praca L.G. Vargasa (1990).

rządowane innym elementom, czyli na pewną hierarchię. Hierarchia odzwierciedla zależności między składowymi systemu. Zależności określają statykę (strukturę) oraz mają wpływ na dynamikę (funkcjonowanie) systemu<sup>5</sup>.

System jest układem wielopoziomowym. Prawidłowe funkcjonowanie elementów usytuowanych na wyższych poziomach hierarchii jest uzależnione od prawidłowego funkcjonowania elementów usytuowanych na niższych poziomach. Poziomy sytemu składają się także z elementów tworzących wewnętrzną strukturę, która odzwierciedla ich znaczenie w realizacji funkcji elementów przynależnych do wyższych poziomów (Saaty, 2001, s. 30–31). Ideę tak rozumianej struktury hierarchicznej zilustrowano na rys. 1.



**Rys. 1.** Struktura hierarchiczna problemu

*Źródło:* opracowanie własne na podstawie (Saaty 2001, s. 39–53)

Problem decyzyjny można rozpatrywać jako system o określonej strukturze hierarchicznej. Na rys. 1 istota badanego problemu znajduje się najwyżej w hierarchii (poziom I), a kolejne poziomy (II, III) tak rozumianego systemu odnoszą się do aspektów, własności czy też cech wynikających z istoty tego problemu. Z kolei cechy (poziom III) stanowią punkt odniesienia w ocenie proponowanych rozwiązań problemu (poziom IV).

W podobny sposób można opisać każdy złożony problem praktyczny. Z uwagi na ograniczoną percepcję człowieka zaleca się jednak tworzenie stosunkowo prostych struktur. Psychologiczne badania eksperymentalne dowodzą bowiem, że ludzie są w stanie efektywnie przetwarzać od pięciu do dziewięciu porcji (wiązek) informacji jednocześnie (Miller, 1956). Dlatego odwzorowując rzeczywiste problemy nie należy budować struktur, w których występuje więcej niż dzie-

<sup>5</sup> Jednym z ważnych odkryć dynamiki systemów jest stwierdzenie, że zachowanie systemu jest zdeterminowane jego strukturą.

więc poziomów hierarchicznych. Analogicznie, liczba elementów na danym poziomie hierarchicznym nie powinna przekraczać dziewięciu. Ograniczenie to ma również wymiar praktyczny i pozwala sprawniej oceniać elementy systemu.

### 3. Ocena elementów systemu

Przedmiotem oceny jest relatywne znaczenie elementów na danym poziomie systemu z punktu widzenia elementów, które są usytuowane bezpośrednio wyżej w strukturze hierarchicznej. Elementy każdego poziomu są oceniane metodą porównań parami, tj. każdy z każdym. Jeżeli pomiar ma charakter subiektywny, to stosuje się skalę ocen od 1 do 9 punktów (liczby naturalne). Wyższa liczba punktów oznacza, że jeden element jest ważniejszy (istotniejszy) od drugiego elementu (z punktu widzenia elementu znajdującego się bezpośrednio wyżej w hierarchii). Stosowana jest przy tym zasada odwrotności preferencji, czyli jeżeli pierwszy element w porównaniu z drugim jest ważniejszy w pewnym stopniu (wyrażonym w przyjętej skali punktowej), to drugi element w porównaniu z pierwszym jest proporcjonalnie mniej ważny od drugiego (co wyrażane jest w postaci ułamka).

Podsumowując, ocena dwóch elementów sprowadza się do stwierdzenia trzech sytuacji:

- a) pierwszy i drugi element są równie ważne (ocena: 1);
- b) pierwszy element jest ważniejszy od drugiego (ocena: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9),
- c) drugi element jest ważniejszy od pierwszego (ocena: 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9).

Oceny zapisywane są w macierzy kwadratowej  $\mathbf{A} = [a_{ij}]$ , której elementy są liczbami wyrażającymi preferencje decydenta. Ze względu na przyjęty sposób oceny,  $\mathbf{A}$  jest tzw. macierzą proporcjonalną, której własności są przydatne w ustalaniu relatywnego znaczenia (wag) oraz w badaniu stopnia spójności porównywanych elementów.

Macierz porównań parami  $\mathbf{A}$  jest następnie przekształcana (normalizowana) w macierz  $\mathbf{B} = [b_{ij}]$ , której elementy są równe:

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad (1)$$

gdzie  $n$  jest liczbą porównywanych parami elementów. Wagi ocenianych elementów są ostatecznie wyznaczone jako średnie arytmetyczne wierszy znormalizowanej  $\mathbf{B}$ :

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{ij}. \quad (2)$$

W przypadku porównań parami na podstawie subiektywnych ocen ekspertów może dochodzić do naruszania zasady przechodniości preferencji. Na przykład gdy ekspert twierdzi, że pierwszy element jest istotniejszy od drugiego oraz drugi jest istotniejszy od trzeciego, to nie może jednocześnie uznać, że pierwszy jest mniej istotny od trzeciego. Macierz porównań parami  $\mathbf{A}$  jest macierzą spójną (*consistency matrix*), gdy:

$$\forall_{i,j,k} a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij} . \quad (3)$$

Jedną z własności spójnej macierzy proporcjonalnej jest to, że

$$\lambda_{\max} = n , \quad (4)$$

tj. maksymalna wartość własna tej macierzy jest równa jej rzędowi, czyli liczbie porównywanych elementów. Przypadek taki zachodzi, gdy pomiar elementów jest dokładny. W macierzach niespójnych miarą odstępstwa od zasady przechodniości preferencji jest wielkość różnicy między maksymalną wartością własną, a liczbą porównywanych elementów, co można zapisać następująco:

$$\exists_{i,j,k} a_{ik} \cdot a_{kj} \neq a_{ij} \rightarrow (\lambda_{\max} - n) > 0 . \quad (5)$$

W miarę wzrostu niespójności macierzy  $\mathbf{A}$ , różnica

$$\lambda_{\max} - n \quad (6)$$

rośnie. W praktyce do oceny spójności wykorzystuje się dwie miary, tj. indeks spójności (*consistency index*) oraz wskaźnik spójności (*consistency ratio*)<sup>6</sup>.

Indeks spójności (*CI*) rośnie wraz ze wzrostem niespójności oszacowań i jest obliczany na podstawie wzoru:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} . \quad (7)$$

Wskaźnik spójności (*CR*) jest stosunkiem indeksu spójności (*CI*) macierzy zawierającej oceny porównań parami dokonane przez eksperta do średniej wartości indeksów spójności losowych porównań parami (*r*), czyli:

$$CR = \frac{CI}{r} = \frac{\lambda_{\max} - n}{r(n - 1)} 100\% . \quad (8)$$

Przyjmuje się, że oceny eksperta są spójne, jeżeli stosunek *CR* do *r* nie jest większy niż 0,1 (*CR* < 10%). Wartość *r* różni się w zależności od wymiaru (*n*) macierzy  $\mathbf{A}$ . Wyznaczone na podstawie symulacji komputerowej wartości *r* są nastę-

<sup>6</sup> W literaturze polskiej *consistency index* i *consistency ratio* tłumaczone są także jako indeks zgodności i współczynnik zgodności (Trzaskalik 2006, s. 231).

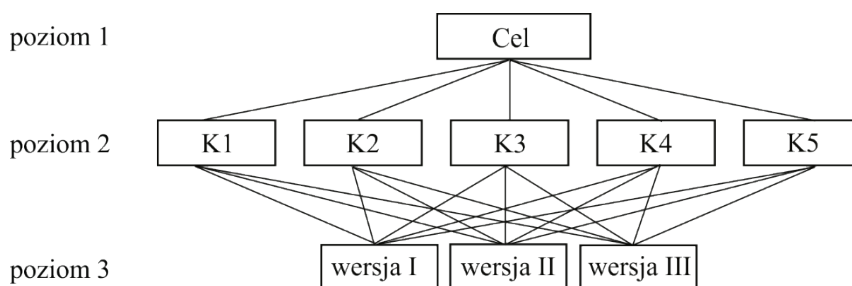
pujące (Saaty 2001, s. 83): 0 dla  $n = 2$ ; 0,52 dla  $n = 3$ ; 0,89 dla  $n = 4$ ; 1,11 dla  $n = 5$ ; 1,25 dla  $n = 6$ ; 1,35 dla  $n = 7$ ; 1,40 dla  $n = 8$ ; 1,45 dla  $n = 9$ .

#### 4. Analiza przypadku

Analityczny proces hierarchizacji ma charakter uniwersalny i znajduje szereg zastosowań praktycznych. Poniżej przedstawiony został przypadek wykorzystania metody AHP w ocenie i wyborze wariantu pewnego projektu. Opis przypadku nie tylko ilustruje omówione w poprzednim punkcie procedury analityczne, lecz jest także propozycją struktury hierarchicznej, którą można wykorzystać w dowolnym projekcie.

Projekt został ukierunkowany na stworzenie systemu komunikacji zewnętrznej przedsiębiorstwa działającego w branży budowlanej. Jednym z ważnych modułów tego systemu było uruchomienie profesjonalnej strony internetowej, która pozwoliłaby znacząco zwiększyć efektywność komunikacji tego przedsiębiorstwa z otoczeniem biznesowym, w szczególności z przedstawicielami handlowymi, architektami wewnątrz (składanie zamówień, przysyłanie raportów itp.) oraz klientami (prezentacja oferty, zakup przez Internet, reklamacje). Firma informatyczna realizująca zlecenie przedłożyła zarządowi przedsiębiorstwa trzy wstępne wersje strony.

Projekt modułu systemu komunikacji zewnętrznej ujęto w postaci struktury hierarchicznej o trzech poziomach. Na pierwszym poziomie znalazł się cel projektu, który zdefiniowano jako „zwiększenie efektywności komunikacji przedsiębiorstwa z otoczeniem biznesowym”. Drugi poziom hierarchiczny stanowiły kryteria, które są cechami wynikającymi z przyjętego celu. Wyodrębnienie i zdefiniowanie kryteriów oceny wymagało głębszej analizy celu projektu, zwłaszcza pojęcia „efektywna komunikacja” w odniesieniu do funkcji jakie powinien spełniać moduł badanego systemu jakim jest strona internetowa. Trzeci poziom struktury określono jako warianty projektu, którymi były zaproponowane wersje strony internetowej. Strukturę hierarchiczną rozpatrywanego problemu pokazano na rys. 2.



**Rys. 2.** Struktura hierarchiczna problemu wyboru wersji strony internetowej

*Źródło:* opracowanie własne (Saaty 2001, s. 39–53)

Analiza celu projektu (poziom 1) pozwoliła na określenie kryteriów oceny (poziom 2) trzech wersji strony internetowej (poziom 3). Kryteria wyboru wariantów projektu oznaczono jako funkcjonalność (K1), elastyczność (K2), administrowanie (K3), przejrzystość (K4) i ryzyko błędów użytkownika (K5). Kryteria te zostały zdefiniowane przez pracowników przedsiębiorstwa po konsultacjach z firmą informatyczną. Po zdefiniowaniu wszystkich elementów struktury hierarchicznej, przedstawionej na rys. 2, rozpoczęto proces oceny systemu.

W pierwszej kolejności były porównywane parami kryteria oceny ze względu na cel projektu. Uznano, że kryterium K1 jest nieco istotniejsze od kryterium K2 oraz K5 (oceny 2), ale jednocześnie mniej istotne od K3 (cena 1/4) i wyraźnie mniej istotne od K4 (ocena 1/5). W dalszej kolejności porównywano kryterium K2 z kryteriami K3 (ocena 1/5), K4 (ocena 1/6) i K5 (ocena 1/3), następnie kryterium K3 z kryteriami K4 (ocena 1) i K5 (ocena 4), a na końcu kryterium K4 z kryterium K5 (ocena 3). Wyniki tych ocen pozwoliły zbudować macierz porównań parami A (tab. 1).

**Tabela 1.** Wyznaczenie wag i wskaźników spójności dla kryteriów

Macierz A					
	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1	2	1/4	1/5	2
K2	1/2	1	1/5	1/6	1/3
K3	4	5	1	1	4
K4	5	6	1	1	3
K5	1/2	3	1/4	1/3	1

Macierz B					
	K1	K2	K3	K4	K5
K1	0,0909	0,1176	0,0926	0,0741	0,1935
K2	0,0455	0,0588	0,0741	0,0617	0,0323
K3	0,3636	0,2941	0,3704	0,3704	0,3871
K4	0,4545	0,3529	0,3704	0,3704	0,2903
K5	0,0455	0,1765	0,0926	0,1235	0,0968

	w	Aw	Aw/w		
K1	<b>0,1138</b>	0,599415	5,267267	$\lambda_{\max}$	5,19770
K2	<b>0,0545</b>	0,279737	5,132783		
K3	<b>0,3571</b>	1,880100	5,264912		
K4	<b>0,3677</b>	1,941500	5,280120		
K5	<b>0,1069</b>	0,539142	5,043421		
	1,0000			CI	0,04943
				RI	4,5%

Źródło: opracowanie własne

W tym miejscu warto zwrócić uwagę, że macierz  $A$  jest macierzą kwadratową, której elementy znajdujące się na przekątnej są równe 1, co wynika z przyjętego systemu oceny. Macierz  $A$  jest także macierzą proporcjonalną, co oznacza, że elementy znajdujące się poniżej przekątnej są odwrotnościami elementów znajdujących się powyżej przekątnej. Jeżeli przykładowo K1 w porównaniu z K3 oceniono  $1/4$ , to K3 w porównaniu z K1 otrzymuje ocenę 4. A zatem  $n$  elementów wymaga oceny  $n(n-1)/2$  par; w omawianym przypadku  $5(5-1)/2 = 10$ .

Macierz  $A$  jest następnie przekształcana w macierz  $B$  (wzór 1), co pozwala wyznaczyć wagi badanych elementów (wzór 2). Obliczenia dla omawianego przypadku pokazano w tabeli 1. Wagi oznaczono jako  $w$  (jest to tzw. wektor preferencji). Z przedstawionych obliczeń wynika, że najwyższą wagę otrzymało kryterium K5 (0,3677), następnie kryteria K3 (0,3571), K1 (0,1138), K5 (0,1069). Najniższą wagę ma kryterium K2 (0,0545).

Zaletą metody AHP jest możliwość weryfikacji spójności porównań parami (wzory 7 i 8). Do tego celu konieczne jest obliczenie maksymalnej wartości własnej macierzy  $A$ , którą w tym przypadku wyznaczono według formuły<sup>7</sup>:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{w_i}. \quad (9)$$

Z obliczeń pokazanych w tabeli 1 wynika, że porównania parami kryteriów oceny są spójne (wskaźnik  $RI = 4,5\% < 10\%$ ).

W dalszej kolejności porównywane parami były warianty strony internetowej ze względu na każde kryterium z osobna. Oceny wraz z obliczeniami pokazano w tabeli 2.

Ostateczne oceny trzech wersji strony internetowej ze względu na kolejne kryteria znajdują się w kolumnach tabeli 2 opisanych jako  $v$  (są to inaczej wektory preferencji, których elementy oznaczają wagi odpowiednich wersji strony internetowej). Ze względu na kryterium K1 najwyższą wagę otrzymała druga wersja strony (0,5485), ze względu na K2 pierwsza (0,5321), ze względu na K3 druga (0,6194), za względu na K4 trzecia (0,7235), ze względu na K5 pierwsza wersja strony (0,5106). Z tabeli 2 wynika, że wszystkie porównania są spójne (wskaźniki  $CR < 10\%$ ).

Ostateczne rozstrzygnięcie, która wersja strony internetowej jest optymalna z punktu widzenia dobranych kryteriów oceny oraz wag wszystkich elementów struktury hierarchicznej polega na obliczeniu sumy iloczynów wag kryteriów oceny i odpowiadających im wag wariantów:

<sup>7</sup> Istnieje wiele metod obliczania wartości własnych macierzy. Zagadnieniem tym zajmowali się m.in. J.L. Lagrange, J.J. Le Verrier, C.G. Jacobi czy P.S. Laplace. Przegląd problematyki zawiera monografia (Kowalczyk, 1976, s. 233–284).



$$u_i = \sum_{j=1}^m w_j v_{ij}, \quad (11)$$

gdzie:  $u_i$  – ostateczna waga  $i$ -tego wariantu projektu,

$w_j$  – waga  $j$ -tego kryterium ( $j = 1, 2, \dots, m$ ),

$v_{ij}$  – waga  $i$ -tego wariantu projektu względem  $j$ -tego kryterium.

**Tabela 2.** Ocena wersji strony internetowej ze względu na poszczególne kryteria

Kryterium K1											
	I	II	III	macierz <b>B</b>			<b>v</b>	<b>Av</b>	<b>Av/v</b>		
I	1	1/2	1	0,2500	0,2727	0,2000	<b>0,2409</b>	0,7258	3,0129	$\lambda_{\max}$	3,0184
II	2	1	3	0,5000	0,5455	0,6000	<b>0,5485</b>	1,6621	3,0303	CI	0,01
III	1	1/3	1	0,2500	0,1818	0,2000	<b>0,2106</b>	0,6343	3,0119	CR	2%
Kryterium K2											
	I	II	III	macierz <b>B</b>			<b>v</b>	<b>Av</b>	<b>Av/v</b>		
I	1	4	2	0,5714	0,4000	0,6250	<b>0,5321</b>	1,6715	3,1413	$\lambda_{\max}$	3,0947
II	1/4	1	1/5	0,1429	0,1000	0,0625	<b>0,1018</b>	0,3080	3,0255	CI	0,05
III	1/2	5	1	0,2857	0,5000	0,3125	<b>0,3661</b>	1,1412	3,1172	CR	9%
Kryterium K3											
	I	II	III	macierz <b>B</b>			<b>v</b>	<b>Av</b>	<b>Av/v</b>		
I	1	1/3	4	0,2353	0,2174	0,4000	<b>0,2842</b>	0,8763	3,0834	$\lambda_{\max}$	3,0866
II	3	1	5	0,7059	0,6522	0,5000	<b>0,6194</b>	1,9540	3,1547	CI	0,04
III	1/4	1/5	1	0,0588	0,1304	0,1000	<b>0,0964</b>	0,2913	3,0218	CR	8%
Kryterium K4											
	I	II	III	macierz <b>B</b>			<b>v</b>	<b>Av</b>	<b>Av/v</b>		
I	1	3	1/5	0,1579	0,2727	0,1489	<b>0,1932</b>	0,5878	3,0424	$\lambda_{\max}$	3,0660
II	1/3	1	1/7	0,0526	0,0909	0,1064	<b>0,0833</b>	0,2511	3,0144	CI	0,03
III	5	7	1	0,7895	0,6364	0,7447	<b>0,7235</b>	2,2726	3,1411	CR	6%
Kryterium K5											
	I	II	III	macierz <b>B</b>			<b>v</b>	<b>Av</b>	<b>Av/v</b>		
I	1	7	1	0,4667	0,6364	0,4286	<b>0,5106</b>	1,6013	3,1361	$\lambda_{\max}$	3,0809
II	1/7	1	1/3	0,0667	0,0909	0,1429	<b>0,1002</b>	0,3029	3,0230	CI	0,04
III	1	3	1	0,4667	0,2727	0,4286	<b>0,3892</b>	1,2005	3,0837	CR	8%

Źródło: opracowanie własne

W tabeli 3 pokazano dane wejściowe i wyniki stosownych obliczeń.

**Tabela 3.** Wyznaczenie ostatecznych wag wariantów projektu

<b>Kryteria</b>	K1	K2	K3	K4	K5	Suma
<b>Wagi</b>	0,1138	0,0545	0,3571	0,3677	0,1069	1,0000
Warianty	Wagi wariantów względem kryteriów					Ostateczne wagi
	K1	K2	K3	K4	K5	
<b>I</b>	0,2409	0,5321	0,2842	0,1932	0,5106	<b>0,2835</b>
<b>II</b>	0,5485	0,1018	0,6194	0,0833	0,1002	<b>0,3305</b>
<b>III</b>	0,2106	0,3661	0,0964	0,7235	0,3892	<b>0,3860</b>
Suma	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

*Źródło:* opracowanie własne

Ostatecznie najwyższą ocenę otrzymała trzecia wersja strony internetowej, której waga wyniosła 0,386.

## 5. Podsumowanie

Analityczny proces hierarchizacji jest postępowaniem badawczym mającym na celu kompleksową i wszechstronną ocenę złożonych problemów decyzyjnych. Struktura hierarchiczna opisanego przypadku (rys. 2) może być zastosowana w ocenie wariantów rozwiązań dowolnego projektu. Teoretyczne struktury hierarchiczne mogą mieć więcej niż trzy poziomy, np. uwzględniać subkryteria. Zbyt rozbudowane struktury oznaczają jednak konieczność przeprowadzania większej liczby porównań parami, co często okazuje się niepraktyczne. W wielu przypadkach lepszym rozwiązaniem jest definiowanie elementów struktury w sposób bardziej syntetyczny, co sprawia, że problem decyzyjny staje się bardziej przejrzysty.

Niewątpliwą zaletą opisanej metody jest możliwość weryfikacji spójności ocen. Wskaźniki spójności mają szczególnie istotne znaczenie w przypadku porównywania parami większej liczby elementów, podczas których mogą występować nie tylko zwykłe pomyłki w ocenach ekspertów. Naruszenie zasady przechodniości preferencji bywa także konsekwencją niejasnego zdefiniowania porównywanych parami elementów struktury. Badania empiryczne dowodzą, że im bardziej ogólnie definiowane są elementy, tym wyższy jest stopień niespójności ocen (Cabała 2012, s. 186–187). Sytuacje takie wskazują na potrzebę przeglądu struktury hierarchicznej i doprecyzowania pojęć.

Warto zwrócić także uwagę na wady metody AHP. Są one przede wszystkim pochodną wykorzystywanych metod pomiaru. Wynikiem zastosowania ścisłych algorytmów obliczeniowych jest uzyskanie jednoznacznych wyników. Jednak jakość danych wyjściowych jest zawsze uzależniona od jakości danych wejściowych. W opisanym przypadku są to subiektywne oceny ekspertów wyrażone liczbowo. Możliwość weryfikacji spójności nie gwarantuje rzetelności ocen. W procesie wy-

boru wariantu projektu fundamentalną rolę odgrywają wiedza i doświadczenie osób dokonujących ocen.

## Bibliografia

1. Cabała P. (2012), *Planowanie scenariuszowe w zarządzaniu bezpieczeństwem strategicznym przedsiębiorstwa*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków.
2. Dong Q., Cooper O. (2016), An orders-of-magnitude AHP supply chain risk assessment framework, *International Journal of Production Economics*, vol. 182.
3. Kowalczyk B. (1976), *Macierze i ich zastosowania*, WNT, Warszawa.
4. Miller G.A. (1956), The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information, *The Psychological Review*, no. 63.
5. Prusak A., Stafań P. (2014), *AHP – analityczny proces hierarchiczny. Budowa i analiza modeli decyzyjnych krok po kroku*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa.
6. Saaty T. (2001), *Decision making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for decisions in a complex world*, University of Pittsburgh, RWS Publications, Pittsburgh.
7. Sielicki A., Jeleniewski T. (1980), *Elementy metodologii projektowania technicznego*, WNT, Warszawa.
8. Trzaskalik T. (red.) (2006), *Metody wielokryterialne na polskim rynku finansowym*, PWE, Warszawa.
9. Vargas L.G. (1990), An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications, *European Journal of Operational Research*, no. 48.

## ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS IN THE ASSESSMENT OF PROJECT VARIANTS

### Abstract

The aim of the article is to present the possibilities of using the AHP method in the project process. The first part of the article discusses the theoretical assumptions of the method of AHP (analytic hierarchy process). At the beginning, the rules of construction of the system hierarchical structure and procedures for assessing elements of the system are described. The second part of the article focuses on the characteristics of the case study. The article assumes that a comprehensive evaluation of project variants is not only the basis for choosing the best solution, but also allows a deeper understanding of the complex decision problems.

**Keywords:** project variants, hierarchical structure, multi-criteria evaluation system, method of pairwise comparisons, analysis of consistency.