

# Zastosowanie metody TOPSIS do oceny kondycji finansowej spółek dystrybucyjnych energii elektrycznej

## Application of TOPSIS method for evaluation of financial condition of the power distribution companies

**Wojciech Zalewski**

Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania, Katedra Informatyki Gospodarczej i Logistyki

### **Abstract**

There are several methods to solve multiple attribute decision making cases. These can be also used for evaluation of enterprises based simultaneously on several different criteria. This paper presents an application of the TOPSIS method for evaluation of power distribution companies. To verification of the proposed method of multiple attribute decision making was based on the data from financial reports of distribution companies.

**Keywords:** TOPSIS method, power distribution companies, multiple attribute decision making

### **Wstęp**

Wiedza na temat sytuacji finansowej przedsiębiorstw jest bardzo istotna z punktu widzenia inwestorów, wpływa na obraz przedsiębiorstwa na rynku, pozwala porównać je między sobą. Budowane są rankingi wybranych grup przedsiębiorstw lub całych gospodarek. W wielu publikacjach prasowych pojawiają się opracowane zestawienia opierające się na jednorodnych kryteriach, które obrazują sytuację przedsiębiorstw jednowymiarowo, co utrudnia ocenę wielokryterialną. W wielu przypadkach interesuje nas kilka czynników wpływających na funkcjonowanie

przedsiębiorstwa przy różnym stopniu ich ważności (często bardzo subiektywnym). Istnieje grupa metod służąca do porządkowania liniowego obiektów, które mogą być wykorzystane do oceny przedsiębiorstw z jednoczesnym uwzględnieniem wielu czynników. Jedną z nich jest metoda TOPSIS (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) opracowana przez C.-L. Hwang i K. Yoon<sup>1</sup>.

Celem pracy jest zastosowanie metody TOPSIS do uporządkowania liniowego przedsiębiorstw dystrybucyjnych działających na polskim rynku energii elektrycznej według ich kondycji finansowej w roku 2010. Dane do obliczeń uzyskano ze sprawozdań spółek dystrybucyjnych<sup>2</sup> oraz z publikacji w czasopiśmie „Rynek energii”<sup>3</sup>.

## 1. Wieloatrybutowa analiza sytuacji decyzyjnych

Celem wszystkich metod wielokryterialnej analizy problemu decyzyjnego jest dostarczenie decydentowi narzędzi umożliwiających rozwiązanie problemu, w którym występuje jednocześnie wiele konfliktowych kryteriów decyzyjnych. Wielu autorów dzieli metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji na: wielokryterialne podejmowanie decyzji (*MODM – Multi Objective Decision Making*) oraz wieloatrybutowe podejmowanie decyzji (*MADM – Multi Attribute Decision Making*). Wielokryterialne podejmowanie decyzji (*MODM*) bada problemy decyzyjne, w których zbiór wszystkich dopuszczalnych decyzji jest zbiorem ciągłym zawierającym nieskończoną liczbę możliwych wariantów rozwiązania. Wieloatrybutowe podejmowanie decyzji (*MADM*) skupia się na problemach decyzyjnych, w których zbiór wszystkich dopuszczalnych decyzji jest zbiorem dyskretnym, zawierającym skończoną, określoną z góry, liczbę możliwych wariantów rozwiązania<sup>4</sup>.

Metody rozwiązywania wieloatrybutowych problemów decyzyjnych (*MADM*) można podzielić na dwa podejścia związane ze sposobem interpretacji kryteriów nieporównywalnych bezpośrednio z uwagi na różne dziedziny atrybutów. Szkoła francuska klasyfikuje obiekty wykorzystując mechanizm ustalania odpowiednich progów wzajemnych zależności. Natomiast metody szkoły amerykańskiej, nazywane często

<sup>1</sup> Hwang C.-L., Yoon K., 1981. *Multiple Attribute Decision Making*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 186, Springer.

<sup>2</sup> Sprawozdania spółek dystrybucyjnych za rok 2010. Strony internetowe spółek.

<sup>3</sup> Halicka K., 2012. *Budowa i analiza rankingu spółek dystrybucyjnych z wykorzystaniem metod porządkowania liniowego*. Rynek Energii 2.

<sup>4</sup> Bewszko T., 2004. *Wielokryterialna analiza zasilania w energię odbiorcy komunalno-bytowego*. Rozprawa doktorska, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów.

metodami syntezy jednokryterialnej, starają się zunifikować dziedziny porównywanych kryteriów i dzięki temu umożliwić bezpośrednie porównywanie ich ze sobą<sup>5</sup>.

Wiele publikacji dotyczy porównania i oceny skuteczności poszczególnych metod. Należą do nich metoda SAW, TOPSIS, AHP, ELECTRE, COPRAS. Jedną z najbardziej popularnych jest metoda TOPSIS. W literaturze polskiej metoda TOPSIS jest zaliczana do podstawowych metod wzorcowych porządkowania liniowego obiektów wielocechowych<sup>6</sup>

## 2. Etapy postępowania w metodzie TOPSIS

Idea metody TOPSIS polega na określeniu odległości rozpatrywanych obiektów od rozwiązania idealnego i antyidealnego. Końcowym rezultatem analizy jest wskaźnik syntetyczny tworzący ranking badanych obiektów. Za najlepszy obiekt uważa się ten, który ma najmniejszą odległość od rozwiązania idealnego i jednocześnie największą od rozwiązania antyidealnego<sup>7</sup>.

W procesie decyzyjnym zakładamy, że rozpatrujemy  $m$ -elementowy zbiór spółek dystrybucyjnych energii elektrycznej (obiektów) przy użyciu  $n$  cech. Tworzy to macierz danych  $\mathbf{X}[m \times n]$  wartości osiąganych przez objekty w każdej z cech. Dodatkowo określa się arbitralnie wektor wag przypisanych kolejnym cechom  $\mathbf{w}[1 \times n]$  oraz ich rodzaj (stymulanta lub destymulanta). Procedura obliczeniowa przebiega w następujących etapach:

1. Utworzenie znormalizowanej macierzy danych według formuły:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad \text{dla } i = 1, 2, \dots, m \text{ oraz } j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

2. Uwzględnienie wag przypisanych poszczególnym cechom:

$$v_{ij} = w_j \cdot z_{ij} \quad (2)$$

3. Ustalenie wektora wartości rozwiązania idealnego  $\mathbf{a}^+$  i antyidealnego  $\mathbf{a}^-$ :

<sup>5</sup> Szlarczyńska J., 2005. *Przegląd metod rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych – zastosowania w procesach nawigacyjnych*. Prace Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia.

<sup>6</sup> Wysocki F., 2010. *Metody taksonomiczne w rozpoznawaniu typów ekonomicznych rolnictwa i obszarów wiejskich*. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Poznań.

<sup>7</sup> Hwang C.-L., Yoon K., 1981. *Multiple Attribute Decision Making*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 186, Springer.

$$a^+ = (a_1^+, a_2^+, \dots, a_n^+) := \{(\max_{i=1, \dots, m} v_{ij} | j \in J_Q), (\min_{i=1, \dots, m} v_{ij} | j \in J_C)\}, \quad (3)$$

$$a^- = (a_1^-, a_2^-, \dots, a_n^-) := \{(\min_{i=1, \dots, m} v_{ij} | j \in J_Q), (\max_{i=1, \dots, m} v_{ij} | j \in J_C)\}, \quad (4)$$

gdzie  $J_Q$  to zbiór stymulant,  $J_C$  to zbiór destymulant.

4. Obliczenie odległości euklidesowych badanych obiektów od rozwiązania idealnego i antyidealnego:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - a_j^+)^2} \dots \text{ dla } i = 1, 2, \dots, m \text{ oraz } j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - a_j^-)^2} \dots \text{ dla } i = 1, 2, \dots, m \text{ oraz } j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

5. Wyznaczenie współczynnika rankingowego określającego podobieństwo obiektów do rozwiązania idealnego:

$$R_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \dots \text{ dla } i = 1, 2, \dots, m, \text{ przy czym } 0 \leq R_i \leq 1 \quad (7)$$

Największa wartość współczynnika  $R_i$  wskazuje na rozwiązanie (obiekt) najlepsze w rozpatrywanym problemie porządkowania liniowego.

### 3. Ocena sytuacji finansowej spółek dystrybucyjnych energii elektrycznej

Tworzenie rankingów przedsiębiorstw ma na celu porównanie ich działalności z punktu widzenia wybranych wskaźników finansowych. Rankingi przedsiębiorstw energetycznych są prezentowane rzadko i najczęściej głównym kryterium jest przychód ze sprzedaży<sup>8</sup>. W wielu przypadkach interesujące z punktu widzenia oceniającego są inne wskaźniki, których waga może się zmieniać w zależności od przyjętych preferencji. Jednocześnie poszukiwany jest ranking uwzględniający wszystkie wybrane cechy mimo ich różnych właściwości.

W ramach zadania badawczego przeanalizowano dostępne dane finansowe wszystkich spółek dystrybucyjnych według stanu na rok 2010<sup>9</sup> (tabela 1) oraz wybra-

<sup>8</sup> Halicka K., 2012. *Budowa i analiza rankingu spółek dystrybucyjnych z wykorzystaniem metod porządkowania liniowego*. Rynek Energii 2.

<sup>9</sup> Sprawozdania spółek dystrybucyjnych za rok 2010. Strony internetowe spółek.

ne wskaźniki rentowności i zadłużenia<sup>10</sup> (tabela 2). Wykorzystano wskaźnik ROA (ang. *return on assets*) – wskaźnik rentowności aktywów, ROE (ang. *return on equity*) – wskaźnik rentowności kapitału własnego, DR (ang. *debt ratio*) – wskaźnik ogólnego zadłużenia, CG (ang. *capital gearing*) – wskaźnik zadłużenia kapitału własnego.

**Tabela 1.** Dane finansowe spółek dystrybucyjnych energii elektrycznej w Polsce w 2010 roku (tys. zł)

Spółka dystrybucyjna	Wynik operacyjny	Aktywa	Zobowiązania długoterminowe	Zobowiązania krótkoterminowe
PGE Dystrybucja	451,095	16 159,489	80,339	799,752
Energa Operator S.A.	201,568	8 557,297	1 030,353	786,720
Energia S.A.	269,064	4 451,743	795,087	612,372
EnergiaPro S.A.	208,300	4 275,127	32,844	462,575
ENEA Operator	276,381	5 865,636	935,335	644,362
Vattenfall Poland S.A.	156,779	3 364,619	151,974	217,575
RWE Stoen Operator	45,437	3 096,946	10,977	164,103
PKP Energetyka Sp. z o.o.	136,584	1 743,910	41,742	644,696

Źródło: sprawozdania spółek dystrybucyjnych za rok 2010.

**Tabela 2.** Wskaźniki rentowności i zadłużenia spółek dystrybucyjnych energii elektrycznej w Polsce w 2010 roku

Obiekt	Spółka dystrybucyjna	ROE	ROA	DR	CG
1	PGE Dystrybucja	2,80%	2,41%	5,45%	6,345
2	Energa Operator S.A.	5,00%	2,28%	21,23%	46,54%
3	Energia S.A.	6,58%	4,50%	31,62%	46,23%
4	EnergiaPro S.A.	5,36%	3,70%	11,59%	16,78%
5	ENEA Operator	5,12%	3,74%	26,93%	36,86%
6	Vattenfall Poland S.A.	4,76%	4,24%	10,98%	12,345
7	RWE Stoen Operator	1,34%	1,18%	5,65%	6,40%
8	PKP Energetyka Sp. z o.o.	16,65%	7,54%	39,36%	86,85%

Źródło: Halicka K., 2012. *Budowa i analiza rankingu spółek dystrybucyjnych z wykorzystaniem metod porządkowania liniowego*. Rynek Energii 2.

Z analiz ekonomicznych wynika, że wartości wskaźników ROE i ROA powinny być jak największe (będą stymulantami), wartości wskaźników DR powinna się zawierać w przedziale 40%-70% (przyjęto 60% i będzie to nominanta), wskaźnik CG obrazuje zdolność kredytową (będzie stymulantą). Wektor wag poszczegół-

<sup>10</sup> Halicka K., 2012. *Budowa i analiza rankingu spółek dystrybucyjnych z wykorzystaniem metod porządkowania liniowego*. Rynek Energii 2.

nych cech dobrano subiektywnie dla różnych przypadków oceny spółek w zależności od preferencji oceniającego (tabela 3.). Obliczenia przeprowadzono przy dominacji wskaźników rentowności (przypadek I), przy dominacji wskaźników zadłużenia (przypadek II) oraz przy jednakowej ważności wszystkich wskaźników (przypadek III).

**Tabela 3.** Współczynniki wagowe cech ustalone dla różnych preferencji oceny

Przypadek	ROE	ROA	DR	CG
I	0,30	0,30	0,20	0,20
II	0,20	0,20	0,30	0,30
III	0,25	0,25	0,25	0,25
Rodzaj kryterium	max	max	nom	max

Źródło: opracowanie własne.

Następnie zgodnie z formułą (1) algorytmu metody TOPSIS obliczono znormalizowaną macierz  $Z$ , którą przedstawiono w tabeli 4.

**Tabela 4.** Znormalizowana macierz danych

Obiekt	ROE	ROA	DR	CG
1	0,1347	0,2071	0,0857	0,0541
2	0,2404	0,1962	0,3340	0,3974
3	0,3164	0,3869	0,4973	0,3947
4	0,2579	0,3185	0,1823	0,1432
5	0,2461	0,3216	0,4236	0,3147
6	0,2291	0,3647	0,1728	0,1053
7	0,0645	0,1018	0,0889	0,0547
8	0,8001	0,6485	0,6192	0,7415

Źródło: opracowanie własne.

W kolejnym kroku obliczono macierze ważone dla każdego rozpatrywanego przypadku (tabela 3) oraz rozwiązania (obiekty) idealne i antyidealne, które przedstawiono w tabeli 5. Wartość dla cechy DR w rozwiązaniu antyidealnym wynosi 0 (przedsiębiorstwo prowadzi politykę nierozwojową).

**Tabela 5.** Rozwiązania idealne  $a^+$  i antyidealne  $a^-$  dla różnych przypadków oceny

Przypadek	Rozwiązanie	ROE	ROA	DR	CG
I	$a^+$	0,2400	0,1946	0,1888	0,1483
I	$a^-$	0,0193	0,0306	0,0	0,0108
II	$a^+$	0,1600	0,1297	0,2831	0,2224
II	$a^-$	0,0129	0,0204	0,0	0,0162
III	$a^+$	0,2000	0,1621	0,2359	0,1854
III	$a^-$	0,0161	0,0255	0,0	0,0135

Źródło: opracowanie własne.

Po obliczeniu odległości poszczególnych obiektów od rozwiązania idealnego i antyidealnego według formuły (5) i (6) uzyskano syntetyczne mierniki kondycji finansowej spółek dystrybucyjnych dla każdego przypadku oceny (tabela 6.).

**Tabela 6.** Wartości syntetycznego miernika kondycji finansowej spółek dystrybucyjnych

Spółka dystrybucyjna	Przypadek I	Ranking	Przypadek II	Ranking	Przypadek III	Ranking
PGE Dystrybucja	0,1135	7	0,0896	7	0,1011	7
Energa Operator S.A.	0,3051	4	0,3693	4	0,3407	4
Energia S.A.	0,4536	2	0,4925	2	0,4747	2
EnergiaPro S.A.	0,2614	6	0,2097	5	0,2343	5
ENEA Operator	0,3580	3	0,4002	3	0,3811	3
Vattenfall Poland S.A.	0,2651	5	0,2016	6	0,2323	6
RWE Stoen Operator	0,0481	8	0,0662	8	0,0586	8
PKP Energetyka Sp. z o.o.	0,8362	1	0,7735	1	0,8005	1

Źródło: opracowanie własne.

Jak wynika z analizy wartości współczynników rankingowych zawartych w tabeli 6 wartość wag przypisanych poszczególnym cechom nie wpływa na uporządkowanie poszczególnych obiektów w zaprezentowanych trzech przypadkach oceny. We wszystkich przypadkach największą wartość syntetycznego miernika kondycji finansowej uzyskano dla spółki PKP Energetyka, zaś najmniejszą dla RWE Stoen Operator i zbliżoną dla PGE Dystrybucja. Przy innym doborze wag przypisanych poszczególnym cechom wartości syntetycznego wskaźnika mogą być inne. Istotną cechą zastosowanej metody jest jednoczesne uwzględnienie wielu, często przeciwstawnych, cech do uszeregowania badanych obiektów. Na podstawie wartości współczynników rankingowych można także grupować obiekty pod kątem ich podobieństwa. Jak widać w tabeli 6 można wyodrębnić cztery typy rozwojowe. Pierwszy, do którego należy PKP Energetyka charakteryzuje się najwyższymi wskaźnikami rentowności co świadczy o

dużej sprawności finansowej przedsiębiorstwa oraz wysokimi wskaźnikami DR i CG co wskazuje na dużą zdolność kredytową i ewentualne wykorzystanie mechanizmu dźwigni finansowej. Do drugiego typu obiektów należą spółki, których wskaźnik syntetyczny zawiera się w przedziale 0,3 – 0,5 (są to Energia S.A., ENEA Operator, Energa Operator S.A.). Przedsiębiorstwa te mają podobne wskaźniki rentowności (ROE od 5% do 6,58%, ROA od 2,3% do 4,5%) oraz wskaźniki zadłużenia (DR powyżej 20% i CG powyżej 36%). Przedsiębiorstwa te mają dobrą kondycję finansową. Poziom zadłużenia świadczy o korzystaniu z kapitału obcego w działalności gospodarczej. Trzeci typ to obiekty, których wskaźnik syntetyczny zawiera się w przedziale 0,2 – 0,3 (są to Vattenfall Poland S.A., EnergiaPro S.A.). Przedsiębiorstwa te mają dobrą kondycję finansową (wskaźniki rentowności zbliżone do średniej dla całego sektora wytwarzania i zaopatrywania w energię elektryczną), ale w niewielkim stopniu korzystają z zewnętrznych źródeł finansowania. Czwarty typ to obiekty, których wskaźnik syntetyczny jest mniejszy od 0,2 (są to PGE Dystrybucja, RWE Stoen Operator). Przedsiębiorstwa te mają słabszą kondycję finansową (wskaźniki rentowności poniżej średniej dla całego sektora wytwarzania i zaopatrywania w energię elektryczną). Również w niewielkim stopniu korzystają z zewnętrznych źródeł finansowania, co może być przyczyną niskiej rentowności i braku zysku.

## Podsumowanie

Ocena kondycji finansowej badanych przedsiębiorstw została przeprowadzona na podstawie metody TOPSIS, która należy do metod porządkowania liniowego obiektów wielocechowych. Otrzymane rezultaty wskazują na możliwość budowy rankingu badanych spółek z wykorzystaniem kilku niejednorodnych cech. Współczynniki wagowe przypisane poszczególnym cechom mogą być ustalone arbitralnie przez decydenta lub wynikać z opinii (np. uśrednionej) pozyskanej od ekspertów w danej dziedzinie. Można także wykorzystać istniejące metody niezależnego wyznaczenia wag poprzez porównanie kryteriów między sobą. Przeprowadzone badania pozwoliły wyodrębnić cztery typy rozwojowe spółek dystrybucyjnych energii elektrycznej. Analiza byłaby pełniejsza przy dodatkowych wskaźnikach określających płynność finansową oraz sprawność działania spółek.

## Piśmiennictwo

1. Hwang C.-L., Yoon K., 1981. *Multiple Attribute Decision Making*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 186, Springer.
2. Sprawozdania spółek dystrybucyjnych za rok 2010.
3. Halicka K., 2012. *Budowa i analiza rankingu spółek dystrybucyjnych z wykorzystaniem metod porządkowania liniowego*. Rynek Energii 2.
4. Bewszko T., 2004. *Wielokryterialna analiza zasilania w energię odbiorcy komunalno-bytowego*. Rozprawa doktorska, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów.
5. Szłapczyńska J., 2005. *Przegląd metod rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych – zastosowania w procesach nawigacyjnych*. Prace Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia.
6. Wysocki F. 2010, *Metody taksonomiczne w rozpoznawaniu typów ekonomicznych rolnictwa i obszarów wiejskich*. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Poznań.