

Ewa POŚPIECH, Adrianna MASTALERZ-KODZIS

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

Wydział Zarządzania

ewa.pospiech@ue.katowice.pl; adrianna.mastalerz-kodzis@ue.katowice.pl

## WYBÓR METODY WIELOKRYTERIALNEJ DO WSPOMAGANIA DECYZJI INWESTYCYJNYCH

**Streszczenie.** Metody wielokryterialne dają możliwość uporządkowania lub wyodrębnienia grup preferencji obiektów charakteryzowanych przez wiele różnych cech. W artykule podejmowane jest zagadnienie wyboru metody wielokryterialnej do wspomagania decyzji inwestycyjnych, jaką jest m.in. selekcja walorów giełdowych, stanowiących podstawę budowy portfela inwestycyjnego. Walory te mogą być oceniane przez pryzmat wielu charakterystyk (fundamentalnych, rynkowych i innych), co uzasadnia stosowanie takich narzędzi analizy.

**Słowa kluczowe:** metody wielokryterialne, analiza fundamentalna, decyzje inwestycyjne, analiza portfelowa.

## MULTI-CRITERIA METHOD CHOICE TO INVESTMENT DECISION MAKING

**Summary.** Multi-criteria methods enable to build rankings or create groups of preferences of objects that are assessing in terms of many criteria. The portfolio selection is a problem of assessing companies in terms of fundamental, market or other characteristics. The purpose of the paper is to choose multi-criteria method that may in the best way support the investment decision making (on the example of portfolio selection).

**Keywords:** multi-criteria methods, fundamental analysis, investment decision making, portfolio analysis.

## 1. Wprowadzenie

Wiele zagadnień ma charakter wielokryterialny i do ich analizy można stosować metody wielokryterialne. Umożliwiają one porządkowanie lub wyłanianie grup preferencji obiektów (ofert, produktów, wariantów decyzyjnych itp.) w sytuacji, gdy obiekty te są oceniane przez pryzmat różnych charakterystyk. Z takimi sytuacjami mamy do czynienia także w procesach inwestycyjnych. Inwestując na przykład w akcje, ważnym elementem analiz jest ocena podmiotu, który jest notowany na giełdzie i w którego walory decydent chce zainwestować. W tym celu można posłużyć się licznymi informacjami: wskaźnikami finansowymi, rynkowymi i innymi. Jednak wielość uzyskanych informacji może nie sprzyjać ocenie danego waloru. Istnieje zatem konieczność metodycznego podejścia do zagadnienia. Możliwość taką dają metody wielokryterialne. Oprócz sklasyfikowania danego zagadnienia jako problemu wielokryterialnego, ważna jest także metoda, za pomocą której problem ten będzie rozwiązywany. Stąd istotnym aspektem analiz jest dobór właściwej metody.

Celem artykułu jest wskazanie metody wielokryterialnej najlepiej wspomagającej decyzję inwestycyjną, polegającą na doborze spółek do zbioru walorów mogących stanowić podstawę wyboru portfela inwestycyjnego.

## 2. Metodyka badań – wybrane metody wielokryterialne

Wśród szerokiej gamy metod wielokryterialnych można wyróżnić, np.: metody sumy ważonej, AHP, REMBRANDT, ZAPROS, ELECTRE, PROMETHEE, EXPROM, TOPSIS, VIKOR, BIPOLAR, interaktywne i inne. Ich podstawą są różne zagadnienia – funkcje użyteczności, relacje przewyższania, porównywanie obiektów parami, punkty odniesienia itd. Niektóre z metod wymagają jedynie ocen jakościowych, inne umożliwiają ocenę w przypadku ocen ilościowych bądź ilościowych i jakościowych. Zastosowanie tych metod doprowadza do uzyskania rankingu obiektów (wariantów decyzyjnych) lub umożliwia grupowanie w klasy tzw. grupy preferencji. W celu wspomagania podjęcia decyzji inwestycyjnej (wyboru strategii inwestycyjnej na rynku kapitałowym), wybrano pięć, różnego typu, metod wielokryterialnych<sup>1</sup>.

### 2.1. Metoda PROMETHEE II

Pierwszą z rozważanych metod jest PROMETHEE II, która należy do klasy metod przewyższania. Metoda ta umożliwia uzyskanie rankingu dla  $m$ -elementowego zbioru

---

<sup>1</sup> Ze względu na złożoność opisu każdej z metod ograniczono się do ich ogólnego przedstawienia.

obiektów (wariantów decyzyjnych). Procedura prowadząca do wyznaczeniu rankingu składa się z pięciu etapów obejmujących wyznaczenie [1, 10]:

- wartości funkcji preferencji w ramach każdego kryterium dla każdej pary obiektów,
- indywidualnych indeksów preferencji dla każdej pary w każdym z kryteriów (na tym etapie wykorzystywane są tzw. uogólnione kryteria, którym odpowiadają niemalejące funkcje preferencji, ukazujące siłę z jaką, w ramach danego kryterium, jeden wariant bardziej preferowany niż drugi),
- wielokryterialnych indeksów preferencji dla każdej pary obiektów,
- przepływów dominacji (przewyższania): wejścia, wyjścia i netto,
- rankingu obiektów na podstawie przepływów dominacji netto (wyższa wartość oznacza wyższą pozycję w rankingu).

## 2.2. Metoda EXPROM

Metoda ta jest modyfikacją metody PROMETHEE II; umożliwia ona określenie preferencji rozpatrywanych obiektów nie tylko na skali porządkowej, ale na skali kardynalnej. Pojawiają się zatem pojęcia wariantów idealnego oraz antyidealnego, a procedura prowadząca do uzyskania rankingu przebiega według następujących etapów [2, 10]:

- wyznaczenie zagregowanego słabego indeksu preferencji na podstawie obliczonych wartości funkcji preferencji oraz wybranych kryteriów uogólnionych,
- wyznaczenie zagregowanych ścisłych indeksów preferencji,
- obliczenie całkowitego indeksu preferencji, który określa siłę preferencji jednego wariantu nad drugim (łączy on subiektywną składową, jaką jest zagregowany słaby indeks preferencji, ze składową obiektywną – zagregowanym ścisłym indeksem preferencji, określającym relację wariantów w odniesieniu do pozostałych),
- obliczenie przepływów dominacji (przewyższania): wejścia, wyjścia i netto,
- zbudowanie rankingu wariantów decyzyjnych, jak w metodzie PROMETHEE II.

## 2.3. Metoda TOPSIS

TOPSIS jest jedną z metod wykorzystującą punkty referencyjne; w metodzie tej obiekty porównywane są z pewnymi ważonymi rozwiązaniami (idealnym i antyidealnym) – odległość od tych punktów ma wskazywać najbardziej korzystny wariant. Etapy porządkowania obiektów są następujące [10]:

- utworzenie odpowiedniej znormalizowanej macierzy decyzyjnej,
- wyznaczenie ważonej znormalizowanej macierzy decyzyjnej,
- ustalenie ocen ważonych rozwiązań idealnego oraz antyidealnego,

- obliczenie odległości od ważonego rozwiązania idealnego oraz antyidealnego dla każdego wariantu decyzyjnego,
- wyznaczenie względnej odległości od ważonego rozwiązania idealnego,
- budowa rankingu obiektów według wartości względnej odległości (im obiekt bliższy rozwiązaniu idealnemu, tym wyższa wartość odległości).

#### 2.4. Metoda VIKOR

Podobnie jak metoda TOPSIS, VIKOR jest metodą wykorzystującą punkty referencyjne (idealny i antyidealny). Kolejne kroki tej metody przebiegają według schematu [10]:

- określenie punktów: idealnego oraz antyidealnego,
- obliczenie dla każdego obiektu średniej ważonej odległości od punktu idealnego  $S_i$  oraz maksymalnej ważonej odległości od punktu idealnego  $R_i$ ,
- wyznaczenie kompleksowego wskaźnika  $Q_i$ , dla każdego wariantu,
- konstrukcja trzech rankingów na podstawie obliczonych wartości według zasady: im niższa wartość współczynnika, tym wyższa pozycja w zestawieniu,
- wybranie pierwszego wariantu z rankingu wskaźnika  $Q_i$  i porównanie go z wariantem znajdującym się w tym rankingu bezpośrednio po nim; sprawdzane są na tym etapie dwa warunki: akceptowalnej przewagi oraz akceptowalnej stabilności decyzji – na podstawie uzyskanych informacji decyduje się, który wariant (albo które z wariantów) stanowią rozwiązania kompromisowe.

#### 2.5. Metoda ELECTRE I

ELECTRE I to metoda, która nie prowadzi do rankingu obiektów; za pomocą określonej relacji przewyższania pozwala na wyznaczenie grup preferencji. Procedura grupowania obiektów może być przedstawiona w następujących punktach [9, 10]:

- wyznaczenie zbioru zgodności oraz zbioru niezgodności,
- określenie relacji przewyższania, na podstawie której można twierdzić, że istnieją istotne przesłanki uzasadniające preferencję lub przynajmniej przypuszczenie preferencji jednego wariantu nad drugim,
- budowa grafu zależności między wariantami decyzyjnymi – określenie grup preferencji.

Przy stosowaniu tej metody, decydent subiektywnie określa wartości progu weta (wspomagają ocenę, czy wariant przewyższa inny) oraz wyznacza próg zgodności  $s \in [0,5; 1]$ , odpowiadający za tworzenie grup o różnych poziomach dominacji.

### 3. Analiza empiryczna

#### 3.1. Uwarunkowania badań

Badaniem objęto spółki giełdowe sektora bankowego; badany okres to 02.01.2013–30.12.2014. W zbiorze spółek znalazło się szesnaście walorów, z których do badań, po skompletowaniu danych, uwzględniono jedenaście. W analizach wykorzystujących podejście wielokryterialne jako kryteria wyboru wzięto pod uwagę osiem charakterystyk, opisujących kondycję ekonomiczno-finansową spółek oraz wskaźniki rynkowe. Biorąc pod uwagę specyfikę sektora bankowego uwzględniono:

- wskaźnik rentowności aktywów ROA (zysk netto/aktywa ogółem) – kryterium K1,
- wskaźnik rentowności kapitału własnego ROE (zysk netto/kapitał własny) – kryterium K2,
- wskaźnik ogólnego poziomu zadłużenia debt ratio DR – kryterium K3,
- iloraz aktywów płynnych do aktywów ogółem – kryterium K4,
- współczynnik wypłacalności – kryterium K5,
- współczynnik kapitału własnego do aktywów ogółem – kryterium K6,
- wskaźnik zysku na jedną akcję (zysk netto/liczba wyemitowanych akcji) – kryterium K7,
- wskaźnik P/BV (cena rynkowa akcji/wartość księgowa na jedną akcję) – kryterium K8.

Każde z powyższych kryteriów potraktowano jako tak samo ważne ( $w_k = 0,125$ ,  $k = 1, \dots, 8$ ). Kryterium K3 było minimalizowane, pozostałe natomiast maksymalizowane. Wyniki zaprezentowane w rozważaniach uzyskano przy poczynieniu następujących założeń:

- w metodach PROMETHEE II oraz EXPROM – wielkość progów obojętności oraz progów preferencji przyjęto na poziomie odpowiednio 10% oraz 80% rozstępu obliczonego dla poszczególnych kryteriów, a jako uogólnione kryterium wybrano kryterium  $\nu$ -kształtne z obszarem obojętności,
- w metodzie ELECTRE I – przyjęto stałe progi weta na poziomie 60% rozstępu oraz próg zgodności równy  $s = 0,8$ .

W tabeli 1 zamieszczone zostały wyniki uporządkowania walorów sektora bankowego uzyskane dla trzech metod (PROMETHEE II, EXPROM, TOPSIS).

Tabela 1

Rankingi spółek według wybranych metod

Spółka	Rankingi		
	PROMETHEE II	EXPROM	TOPSIS
ALR	9	9	7
BGZ	10	10	10
BHW	1	1	3
BOS	11	11	9
BPH	8	8	11
BZW	3	3	2
ING	5	5	5
MBK	4	4	1
MIL	7	7	8
PEO	2	2	4
PKO	6	6	6

Źródło: opracowanie własne.

Rankingi uzyskane za pomocą metod PROMETHEE II oraz EXPROM są identyczne, natomiast uporządkowanie spółek metodą TOPSIS (w porównaniu do tych dwóch) nieco się różni. Skorelowanie rankingów kształtuje się na poziomie 0,84. Na podstawie wartości przepływów dominacji netto wyznaczonych dla metod PROMETHEE II oraz EXPROM, można wyodrębnić grupy banków dominujących oraz zdominowanych pod względem większości kryteriów – grupę banków dominujących stanowią banki zajmujące pięć czołowych pozycji w rankingu.

Wyniki uzyskane metodą VIKOR zaprezentowano w tabeli 2.

Tabela 2

Rankingi spółek według wskaźników metody VIKOR

Spółka	Rankingi		
	$S_i$	$R_i$	$Q_i$
ALR	9	8	9
BGZ	10	7	10
BHW	1	3	2
BOS	11	8	11
BPH	8	8	8
BZW	3	5	4
ING	5	2	5
MBK	4	4	3
MIL	7	8	7
PEO	2	1	1
PKO	6	6	6

Źródło: opracowanie własne.

Powyższe wyniki nie dają możliwości stwierdzenia akceptowalnej stabilności decyzji, gdyż dla prawie żadnego obiektu (wyjątkiem jest BPH) rankingi nie są takie same. Przeprowadzona analiza wartości mierników ( $S_i$ ,  $R_i$ ,  $Q_i$ ) pozwala jednak dokonać pewnego podziału na klasy (klasa  $K_1$  oznacza klasę najlepszą, a  $K_6$  – najgorszą). Wyniki analizy zamieszczono w tabeli 3. W tabeli tej przedstawiono także wyniki uzyskane metodą ELECTRE I (poziom I jest najwyższy, poziom III – najniższy).

Tabela 3

Podział spółek uzyskany metodami  
VIKOR oraz ELECTRE I

Spółka	Klasy VIKOR	Poziomy ELECTRE I
ALR	$K_5$	II
BGZ	$K_5$	III
BHW	$K_1$	I
BOS	$K_6$	III
BPH	$K_4$	I
BZW	$K_2$	I
ING	$K_2$	II
MBK	$K_2$	I
MIL	$K_4$	III
PEO	$K_1$	I
PKO	$K_3$	II

Źródło: opracowanie własne.

Uzyskane wyniki nie pozwalają dokonać bezpośredniego porównania, zauważalne są jednak pewne prawidłowości, zgodnie z którymi spółki najwyższego poziomu (wg metody ELECTRE I) nie należą do najgorszej klasy (wg metody VIKOR) i odwrotnie. Nie ma zatem „drastycznych” różnic w grupowaniu spółek. Dokonując wyboru spółek najlepszych według danej metody wielokryterialnej wyselekcjonowano następujące zbiory (tabela 4).

Tabela 4

Rezultaty grupowania spółek według uwzględnionych metod – ujęcie 1

Metoda	Spółki
PROMETHEE II, EXPROM (grupa spółek dominujących)	BHW, PEO, BZW, MBK, ING
TOPSIS (grupa złożona z pięciu najwyżej ułokowanych spółek)	
VIKOR (grupa złożona z dwóch najwyżej ocenionych klas)	
ELECTRE I (grupa z poziomu I)	BHW, PEO, BZW, MBK, BPH

Źródło: opracowanie własne.

Powyższa tabela ukazuje, że kierując się zasadą wyboru spółek najlepszych pod względem rankingu, dominacji lub przynależności do najwyżej usytuowanych poziomów lub klas, dobór metody wielokryterialnej nie miał istotnego wpływu na uzyskane wyniki. Jednak takie rezultaty mogą być związane z tym, iż zbiór rozważanych obiektów jest mało liczny, co istotnie ogranicza możliwości wyboru. Inną kwestią jest subiektywne podejście do określenia wybieranych grup (klas) obiektów. W przypadku metod PROMETHEE II oraz EXPROM uzasadnione wydaje się uwzględnienie tych spółek, które według badań okazały się dominujące ze względu na większość przyjętych kryteriów. Nieco bardziej można się zastanawiać nad wyborem tylko pięciu najwyżej sklasyfikowanych spółek wyłonionych metodą TOPSIS – to decydent może określić, ile najwyżej ulokowanych walorów uwzględnić. Podobne dylematy mogą występować przy pozostałych dwóch metodach: do dalszych analiz można bowiem wybrać trzy, a nie dwie najwyżej ocenione klasy (metoda VIKOR) lub walory nie tylko z pierwszego, ale także z drugiego poziomu (metoda ELECTRE I). Kluczowymi elementami analiz są zatem subiektywne preferencje oraz ocena decydenta. Uwzględniając rozszerzone podejście, wyłoniono następujące grupy spółek do portfela (tabela 5).

Tabela 5

Rezultaty grupowania spółek według uwzględnionych metod – ujęcie 2

Metoda	Spółki
PROMETHEE II, EXPROM (grupa złożona z ośmiu najwyżej ulokowanych spółek)	BHW, PEO, BZW, MBK, ING, PKO, MIL, BPH
VIKOR (grupa złożona z czterech najwyżej ocenionych klas)	
TOPSIS (grupa złożona z ośmiu najwyżej ulokowanych spółek)	BHW, PEO, BZW, MBK, ING, PKO, ALR, MIL
ELECTRE I (grupy z poziomu I oraz II)	BHW, PEO, BZW, MBK, BPH, ALR, ING, PKO

Źródło: opracowanie własne.

Dla uzyskanych grup spółek (tabele 4 i 5) zbudowano pięć klasycznych modeli Markowitza i zbadano stopy zwrotu otrzymanych portfeli. Wyniki prezentuje tabela 6.

Tabela 6

Stopy zysku portfeli

Stopa zysku portfela (%) w dniu	Portfel 1	Portfel 2	Portfel 3	Portfel 4	Portfel 5
<i>30.12.2014 w porównaniu do 02.01.2013</i>	36,93	25,72	40,75	41,91	32,84

Źródło: opracowanie własne.



Każdy ze skonstruowanych portfeli cechuje się wysokim zyskiem, a najniższą (mimo iż obiektywnie wysoką, bo ponad 25-procentową) stopę zwrotu obserwuje się dla portfela 2 oraz portfela 5, wyłonionych z grup wyznaczonych metodą ELECTRE I.

#### 4. Podsumowanie

Przeprowadzone analizy ukazały, iż w przypadku selekcji walorów (za pomocą wybranych metod wielokryterialnych) ze zbioru składającego się z kilkunastu elementów, można uzyskać bardzo zbliżone grupy, które stanowić mogą podstawę wyboru akcji do portfela. Jediną metodą, która w tych warunkach wyselekcjonowała podzbiory spółek, z których generowane portfele osiągały nieco gorsze wyniki była metoda ELECTRE I (zarówno w przypadku pięciu, jak i ośmiu walorów). Metodą, za pomocą której uzyskano z kolei minimalnie lepsze wyniki była metoda TOPSIS. Zatem na tym etapie badań można skłaniać się ku twierdzeniu, że lepszą selekcję walorów umożliwiają metody generujące rankingi niż metoda, która wyznacza grupy preferencji.

Można się spodziewać, że większa liczba spółek bardziej zróżnicowałaby grupy, co wpłynęłoby na końcowe wyniki (dałoby bardziej jednoznaczne rezultaty). Jednak, do zagadnienia wyboru walorów do portfela można podejść jak do kilku zagadnień wielokryterialnych, rozpatrywanych w ramach różnych sektorów (związany z tym byłby dobór kryteriów uwzględniających specyfikę danego sektora). Takie podejście mogłoby wyłonić najlepsze walory z każdego rozpatrywanego sektora, a portfel zbudowany z tak wyselekcjonowanych spółek mógłby okazać się bardzo atrakcyjny dla inwestora.

#### Bibliografia

1. Brans J.P., Mareschal B.: PROMETHEE Methods, [in:] J. Figueira, S. Greco, MEhrgott (eds.): Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, Springer, New York 2005.
2. Diakoulaki D., Koumoutsos N.: Cardinal Ranking of Alternative Actions: Extension of the PROMETHEE Method. "European Journal of Operational Research", No. 53.
3. Leszczyński Z.: Analiza ekonomiczno-finansowa spółki. PWE, Warszawa 2004.
4. Łuniewska M., Tarczyński W.: Metody wielowymiarowej analizy porównawczej na rynku kapitałowym. PWN, Warszawa 2006.
5. Pośpiech E.: Wpływ wyboru metody wielokryterialnej na strukturę i opłacalność portfela. „Studia Ekonomiczne” (na etapie recenzji wydawniczej).

6. Przychocka I.: Kondycja finansowa firmy przez pryzmat analizy finansowej, SIGMA SPJ. Warszawa 2012.
7. Sprawozdania finansowe rozważanych spółek za lata 2011–2014, <http://www.money.pl/gielda/spolki-gpw/>, dostęp dnia 14.09.2015.
8. Tarczyński W.: Fundamentalny portfel papierów wartościowych. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2002.
9. Trzaskalik T. (red.): Metody wielokryterialne na polskim rynku finansowym. PWE, Warszawa 2006.
10. Trzaskalik T. (red.): Wielokryterialne wspomaganie decyzji. PWE, Warszawa 2014.
11. Tyran M.R.: Wskaźniki finansowe. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2001.
12. Zopounidis C., Doumpos M.: Multi-criteria Decision Aid in Financial Decision Making: Methodologies and Literature Review. "Journal of Multi-Criteria Decision Analysis", No. 11, 2002.
13. [www.bankier.pl](http://www.bankier.pl)
14. [www.gpw.pl](http://www.gpw.pl)
15. [www.money.pl](http://www.money.pl)

### **Abstract**

The purpose of the paper was to choose multi-criteria method that may in the best way support the investment decision making (on the example of selecting companies to the portfolio). To achieve this goal the following multi-criteria methods were taken into consideration: PROMETHEE II, EXPROM, TOPSIS, VIKOR, ELECTRE I. These methods are based on different issues and may lead for appointing the ranking or groups of preferences. Although the set of companies was not very numerous the analyses showed that in these conditions best methods are these that enable to build rankings (one of the best was TOPSIS method). The ELECTRE I method also gave good results (if concerning the profit rate of selected portfolios) but compared with other results they were a bit worse.