



Ewa Pośpiech

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Wydział Zarządzania
Katedra Matematyki
ewa.pospiech@ue.katowice.pl

Adrianna Mastalerz-Kodzis

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Wydział Zarządzania
Katedra Matematyki
adrianna.mastalerz-kodzis@ue.katowice.pl

WPLYW KORELACJI KRYTERIÓW NA WIELOKRYTERIALNĄ SELEKCJĘ WALORÓW GIEŁDOWYCH

Streszczenie: W artykule jest rozważane zagadnienie korelacji kryteriów w problemach wielokryterialnych związanych z doбором walorów giełdowych do portfela akcji. Za pomocą trzech wybranych metod wielokryterialnych (SAW, PROMETHEE II, TOPSIS), reprezentujących różne podejścia do zagadnienia, skonstruowano rankingi walorów sektora bankowego przy zastosowaniu dwóch ujęć: porządkując walory pod względem pełnego zestawu wybranych charakterystyk oraz przy uwzględnieniu zredukowanego zbioru kryteriów (po usunięciu charakterystyk silnie skorelowanych z innymi). Na podstawie uzyskanych rankingów wyłoniono grupy walorów stanowiące podstawę wyboru portfeli, przy konstrukcji których wykorzystano klasyczne podejście Markowitza. Badano zyski tych portfeli, porównując bezpośrednio (w ramach każdej z trzech metod) pary portfeli wyłonionych odpowiednio przy wykorzystaniu całego oraz ograniczonego zestawu kryteriów. Analizy ukazały brak jednoznacznego wpływu skorelowania kryteriów na strukturę i wyniki portfeli.

Słowa kluczowe: analiza wielowymiarowa, korelacja zmiennych, metody wielokryterialne, selekcja walorów giełdowych.

JEL Classification: C39, C44, G11.

Wprowadzenie

Zjawiska opisywane przez wiele zmiennych (charakterystyk) często są rozpatrywane jako zagadnienia wielowymiarowe. Postępowanie w tego typu przypadkach jest zazwyczaj ściśle określone [Ostasiewicz, red., 1999]. Jeśli zadaniem badacza jest np. budowa miary syntetycznej, kolejne etapy procedury jej

wyznaczania zakładają m.in. właściwy dobór zmiennych diagnostycznych oraz eliminację zmiennych silnie ze sobą skorelowanych¹. Nieco inne jest podejście, jeśli zagadnienie jest traktowane jak problem wielokryterialny. Najczęściej nie wymaga się, aby kryteria były względem siebie niezależne. Ważnym jest, by kryteria wyboru były uzasadnione merytorycznie, adekwatnie do rozważanego zagadnienia. Pojawiło się jednak pytanie, czy uzasadnione byłoby badanie korelacji kryteriów uwzględnianych w problemach wielokryterialnych. Analizie poddano zagadnienie doboru spółek giełdowych do portfela akcji, które potraktowano jako problem wielokryterialny – każdy walor oceniano przez pryzmat różnych charakterystyk (fundamentalnych, rynkowych, klasycznych). Celem badań jest zatem odpowiedź na pytania, czy merytorycznie uzasadnione, choć skorelowane, kryteria istotnie wpływają na wyniki porządkowania walorów będącego rezultatem procedury wielokryterialnej oraz czy eliminacja kryteriów silnie ze sobą skorelowanych istotnie zmienia to uporządkowanie (wskazując tym samym inne, lepsze z punktu widzenia badań, warianty).

Aby uzyskać odpowiedzi na te pytania, zdecydowano się rozważyć kilka metod wielokryterialnych opartych na różnych zagadnieniach oraz reprezentujących różne ujęcia metodologiczne.

Artykuł składa się z części teoretycznej, w której przedstawiono wykorzystane metody badawcze, oraz empirycznej – ukazującej wyniki i wnioski z przeprowadzonych analiz.

1. Metodyka badań

W analizach wykorzystano trzy metody wielokryterialne: SAW, PROMETHEE II oraz TOPSIS [Pośpiech i Mastalerz-Kodzis, 2015]. Każda z nich jest oparta na innych podstawach metodologicznych: metoda SAW jest metodą najbardziej intuicyjną i jedną z najprostszych w swej konstrukcji, w PROMETHEE II stosuje się relację przewyższania i porównywanie wariantów parami, natomiast w metodzie TOPSIS wykorzystuje się tzw. punkty referencyjne, do których porównuje się warianty decyzyjne. Ponadto, w celu eliminacji zmiennych silnie ze sobą skorelowanych, zastosowano wybrane narzędzia analizy wielowymiarowej – macierz odwrotną do macierzy korelacji liniowej Pearsona.

¹ Coraz częściej pojawiają się jednak opinie, według których nie ma potrzeby usuwania ze zbioru zmiennych diagnostycznych zmiennych silnie skorelowanych.

1.1. Metoda SAW

Metoda sumy ważonej SAW to jedna z najbardziej znanych oraz intuicyjnych metod wielokryterialnych. Stosuje się ją, jeśli jest spełniony warunek preferencyjnej niezależności kryteriów, co oznacza, że oceny decydenta według jednego kryterium nie zależą od oceny według innego. W metodzie tej jest wyznaczana kolejno macierz $\mathbf{R} = [r_{ik}]$, $i = 1, \dots, m$, $k = 1, \dots, n$ znormalizowanych ocen wariantów decyzyjnych, gdzie m określa liczbę wariantów, n – liczbę kryteriów. Można tego dokonać, posługując się następującymi wzorami [Trzaskalik, red., 2014]:

– dla kryteriów o kierunku „max”:

$$r_{ik} = \frac{a_i^{(k)} - \min_{1 \leq l \leq m} a_l^{(k)}}{\max_{1 \leq l \leq m} a_l^{(k)} - \min_{1 \leq l \leq m} a_l^{(k)}}, \quad (1)$$

– dla kryteriów o kierunku „min”:

$$r_{ik} = \frac{\max_{1 \leq l \leq m} a_l^{(k)} - a_i^{(k)}}{\max_{1 \leq l \leq m} a_l^{(k)} - \min_{1 \leq l \leq m} a_l^{(k)}}, \quad (2)$$

gdzie symbolem $a_i^{(k)}$ oznaczono oceny wariantu i dla kryterium k .

Dla każdego wariantu i są następnie obliczane wartości p_i (wzór (3)), według których porządkuje się warianty (wyższa wartość oznacza wyższą pozycję w zestawieniu).

$$p_i = \sum_{k=1}^n w_k r_{ik}. \quad (3)$$

1.2. Metoda PROMETHEE II

Metoda PROMETHEE II, należąca do wielokryterialnych metod opartych na relacji przewyższania, umożliwia porównywanie ze sobą każdej pary wariantów w ramach każdego kryterium. Metoda ta, w odróżnieniu od metody SAW, charakteryzuje się bardziej złożoną procedurą, w której wykorzystuje się m.in. tzw. kryteria uogólnione. Rezultatem procedury jest ranking wielokryterialny [Brans i Mareschal, 2005; Trzaskalik, red., 2014]. Pierwszym etapem metody jest obliczenie odległości $d_k(i,j)$ pomiędzy każdymi dwoma wariantami i oraz j w ramach każdego kryterium. W tym celu jest stosowany wzór:

$$d_k(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{gdy } a_i^{(k)} - a_j^{(k)} < 0 \\ a_i^{(k)} - a_j^{(k)}, & \text{gdy } a_i^{(k)} - a_j^{(k)} \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

gdzie oznaczenia jak wyżej.

W następnym kroku wyznacza się indywidualne indeksy preferencji dla każdej pary wariantów, dla każdego kryterium. W tym kroku są wykorzystywane tzw. kryteria uogólnione, umożliwiające jednoczesne porównanie preferencji par wariantów decyzyjnych dla wszystkich kryteriów. W rozważaniach uwzględniono kryterium liniowej preferencji z obszarem obojętności postaci:

$$G_k(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{gdy } d_k(i, j) \leq q_k \\ \frac{d_k(i, j) - q_k}{p_k - q_k}, & \text{gdy } q_k < d_k(i, j) \leq p_k \\ 1, & \text{gdy } d_k(i, j) > p_k \end{cases} \quad (5)$$

gdzie:

q_k – próg równoważności, $k = 1, \dots, n$ (wartość zadana przez decydenta – jeśli różnica $d_k(i, j)$ nie przekracza tej wielkości, warianty są uważane za tak samo dobre);

p_k – próg preferencji, $k = 1, \dots, n$ (różnica ocen dwóch wariantów większa od tej wielkości oznacza silną preferencję jednego wariantu nad drugim);

pozostałe oznaczenia jak wyżej.

Kolejnym etapem procedury jest wyznaczenie wielokryterialnych (zagregowanych) indeksów preferencji według wzoru:

$$\pi(i, j) = \sum_{k=1}^n w_k G_k(i, j), \quad (6)$$

gdzie: w_k – wagi kryteriów, $k = 1, 2, \dots, n$.

Dla wszystkich wariantów decyzyjnych na podstawie następujących wzorów:

$$\Phi^+(i) = \sum_{j=1}^m \pi(i, j) \quad (7)$$

$$\Phi^-(i) = \sum_{j=1}^m \pi(j, i) \quad (8)$$

$$\Phi(i) = \Phi^+(i) - \Phi^-(i) \quad (9)$$

wyznaczane są: dodatni przepływ przewyższania (dominacji) $\Phi^+(i)$, ujemny przepływ przewyższania $\Phi^-(i)$ oraz przepływ przewyższania netto $\Phi(i)$. Wartości tego ostatniego umożliwiają uporządkowanie wariantów (wyższa wartość oznacza wyższą pozycję w rankingu).

1.3. Metoda TOPSIS

W wielokryterialnej metodzie TOPSIS warianty decyzyjne porównuje się z tzw. punktami referencyjnymi – idealnym oraz antyidealnym. Wariant preferowany to ten, który jest najbliższy rozwiązaniu idealnemu oraz najbardziej oddległy od rozwiązania antyidealnego. Ranking jest budowany na podstawie malejących wartości odpowiedniego wskaźnika. Etapy wyznaczania tego wskaźnika obejmują kolejno [Lai, Liu i Hwang, 1994; Trzaskalik, red., 2014]:

- budowę znormalizowanej macierzy decyzyjnej $\mathbf{X} = [\hat{x}_{ik}]_{m \times n}$ o elementach postaci:

$$\hat{x}_{ik} = \frac{a_i^{(k)}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [a_i^{(k)}]^2}}, \quad (10)$$

dla $i = 1, 2, \dots, m, k = 1, 2, \dots, n$;

- wyznaczenie ważonej znormalizowanej macierzy decyzyjnej $\mathbf{Z} = [w_k \hat{x}_{ik}]_{m \times n} = [v_{ik}]_{m \times n}$, gdzie w_k – to wagi poszczególnych kryteriów, $k = 1, 2, \dots, n$;
- wyznaczenie oceny ważonego rozwiązania idealnego v_k^+ oraz antyidealnego v_k^- jako:

$$v_k^+ = \begin{cases} \max_i v_{ik} & \text{gdy } k \text{ jest maksymalizowane} \\ \min_i v_{ik} & \text{gdy } k \text{ jest minimalizowane} \end{cases} \quad (11)$$

$$v_k^- = \begin{cases} \max_i v_{ik} & \text{gdy } k \text{ jest minimalizowane} \\ \min_i v_{ik} & \text{gdy } k \text{ jest maksymalizowane} \end{cases} \quad (12)$$

przy oznaczeniach podanych wyżej;

- obliczenie (według wzorów (13) – (14)) odległości każdego wariantu i od ważonych rozwiązań idealnego oraz antyidealnego, oznaczonych odpowiednio symbolami d_i^+ oraz d_i^- :

$$d_i^+ = \sqrt[p]{\sum_{k=1}^n |v_{ik} - v_k^+|^p}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (13)$$

$$d_i^- = \sqrt[p]{\sum_{k=1}^n |v_{ik} - v_k^-|^p}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (14)$$

(w rozważaniach przyjęto $p = 2$, czyli odległość euklidesową);

– obliczenie wartości wskaźnika S_i ($S_i \in [0, 1]$) według wzoru:

$$S_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (15)$$

na podstawie którego jest budowany ranking.

1.4. Macierz odwrotna do macierzy współczynników korelacji liniowej

Wśród narzędzi wykorzystywanych do badania korelacji zmiennych diagnostycznych można wymienić macierz odwrotną do macierzy korelacji. Procedura eliminacji zakłada wyznaczenie macierzy współczynników korelacji między poszczególnymi zmiennymi, a następnie wyznaczenie dla niej macierzy odwrotnej. Analizowane są elementy diagonalne uzyskanej macierzy odwrotnej – przyjmuje się, że z zestawu zmiennych należy usunąć tę zmienną, dla której wartość na głównej przekątnej przekracza liczbę 10 (w przypadku kilku takich wartości, wybiera się największą z nich). Zredukowany zbiór zmiennych poddaje się dalszej analizie – dla macierzy współczynników korelacji (bez usuniętej zmiennej) ponownie wyznacza się odwrotną macierz korelacji i bada się elementy diagonalne. Kolejna największa, większa od 10, wartość wskazuje zmienną, którą usuwa się ze zbioru zmiennych. Procedurę kontynuuje się do momentu uzyskania na głównej przekątnej macierzy odwrotnej do macierzy współczynników korelacji elementów mniejszych od 10 [Dziechciarz, red., 2002].

2. Analiza empiryczna

Badaniu poddano spółki giełdowe sektora bankowego. W sektorze tym znajduje się szesnaście spółek, spośród których do badań wybrano jednaście. W analizach uwzględniono dane z okresu 02.01.2013-30.12.2014 [Sprawozdania...; www1; www2]. Posłużono się jedenastoma charakterystykami, które potraktowano jako kryteria oceny walorów – mając na względzie specyfikę sektora bankowego, uwzględniono następujące wskaźniki opisujące kondycję ekonomiczno-finansową banków, wskaźniki finansowe oraz mierniki wykorzystywane w analizie portfelowej [Tyran, 2001; Tarczyński, 2002; Leszczyński, 2004; Łuniewska i Tarczyński, 2006; Trzaskalik, red., 2006; Przychocka, 2012]:

- wskaźnik rentowności aktywów ROA (zysk netto/aktywa ogółem) – ROA (Kryterium 1),
- wskaźnik rentowności kapitału własnego ROE (zysk netto/kapitał własny) – ROE (Kryterium 2),

- iloraz aktywów płynnych do aktywów ogółem – AP/AO (Kryterium 3),
- współczynnik wypłacalności – WW (Kryterium 4),
- współczynnik kapitału własnego do aktywów ogółem – KW/AO (Kryterium 5),
- wskaźnik zysku na jedną akcję (zysk netto/liczba wyemitowanych akcji) – Zlak (Kryterium 6),
- wskaźnik P/BV (cena rynkowa akcji/wartość księgowa na jedną akcję) – P/BV (Kryterium 7),
- przeciętna stopa zwrotu akcji danego banku – R (Kryterium 8),
- odchylenie stopy zwrotu – s (Kryterium 9),
- współczynnik skośności stóp zwrotu akcji – A (Kryterium 10),
- współczynnik beta – β (Kryterium 11).

W rozważaniach kryteria te potraktowano jako tak samo ważne, nadając im równe wagi: $w_i = \frac{1}{11}$, $i = 1, \dots, 11$. Po przeprowadzeniu eliminacji charakterystyk uzyskano zbiór ośmioelementowy – na podstawie procedury opisanej w punkcie 1.4 usunięto kryteria 1, 2 oraz 11. Po redukcji zbioru kryteriów, każde z pozostałych uznano za równorzędne, przyporządkowując każdemu z nich wagę równą $\frac{1}{8}$. Analizę porządkowania wybranych spółek przeprowadzono za pomocą wymienionych wyżej metod wielokryterialnych. Uzyskane rezultaty zamieszczono w tabelach 1 oraz 2.

Tabela 1. Wartości p_i (SAW), $\Phi(i)$ (PROMETHEE II) oraz S_i (TOPSIS)

Banki	SAW		PROMETHEE		TOPSIS	
	K_11	K_8	K_11	K_8	K_11	K_8
ALR	0,361	0,337	-1,065	-1,380	0,343	0,332
BGZ	0,401	0,414	-0,779	-0,590	0,556	0,584
BHW	0,653	0,640	2,404	2,308	0,498	0,4751
BOS	0,122	0,144	-4,078	-3,739	0,136	0,141
BPH	0,348	0,359	-1,145	-1,043	0,369	0,376
BZW	0,579	0,570	1,491	1,377	0,483	0,466
ING	0,528	0,543	0,777	0,900	0,554	0,559
MBK	0,565	0,602	1,416	1,879	0,512	0,513
MIL	0,368	0,360	-0,855	-1,052	0,473	0,4753
PEO	0,599	0,616	1,920	2,047	0,448	0,429
PKO	0,444	0,385	-0,085	-0,708	0,321	0,280

Tabela 2. Rankingi banków według poszczególnych kryteriów

Banki	SAW		PROMETHEE		TOPSIS	
	K_11	K_8	K_11	K_8	K_11	K_8
ALR	9	10	9	10	9	9
BGZ	7	6	7	6	1	1
BHW	1	1	1	1	4	5
BOS	11	11	11	11	11	11
BPH	10	9	10	8	8	8
BZW	3	4	3	4	5	6
ING	5	5	5	5	2	2
MBK	4	3	4	3	3	3
MIL	8	8	8	9	6	4
PEO	2	2	2	2	7	7
PKO	6	7	6	7	10	10
Wsp_kor_rang_S	0,973		0,955		0,973	

Korelacja rankingów dla poszczególnych metod (przed i po redukcji kryteriów) jest dosyć silna. Wyznaczone dla rankingów współczynniki korelacji rang Spearmana przyjmują wartości powyżej 0,95, co wskazuje na bardzo niewielkie różnice w zestawieniach. Może to sugerować, że redukcja zbioru kryteriów nie wpływa znacząco na uporządkowanie spółek. W dalszej części badań zbudowano portfele oparte na klasycznym podejściu Markowitza, uwzględniając kolejno podzbiory pięcio-, sześć-, siedmio- i ośmioelementowe złożone z najwyższej usytuowanych walorów. Posłużono się następującym zadaniem optymalizacyjnym dla $n = 5, 6, 7, 8$:

$$\begin{aligned}
 S_p^2 &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \operatorname{cov}(x_i, x_j) \rightarrow \min \\
 R_p &\geq R_0 \\
 \sum_{i=1}^n x_i &= 1 \\
 x_i &\leq 0,3 \quad i = 1, \dots, n, \\
 x_i &\geq 0, \quad i = 1, \dots, n
 \end{aligned} \tag{16}$$

gdzie:

S_p^2 – wariancja otrzymanego portfela,

x_i, x_j – udziały poszczególnych walorów w portfelu,

$\operatorname{cov}(x_i, x_j)$ – kowariancja pomiędzy walorami i oraz j ,

R_p – stopa zwrotu z portfela,

R_0 – stopa zwrotu portfela, dla której minimalizowane jest ryzyko (uwzględniono średnią stopę zwrotu rozpatrywanych spółek).

W podziale na liczbę uwzględnianych kryteriów oraz liczebność danego podzbioru spółek uzyskano grupy walorów (tabela 3), z których następnie budowano portfele.

Tabela 3. Grupy spółek dla uwzględnianej liczby kryteriów

Liczba spółek	Metoda	Liczba kryteriów	Spółki
n = 5	SAW	11, 8	BHW, BZW, MBK, ING, PEO
	PROMETHEE II		
	TOPSIS	11	BHW, BZW, MBK, ING, BGZ
		8	BHW, MIL, MBK, ING, BGZ
n = 6	SAW	11	BHW, BZW, MBK, ING, PEO, PKO
	PROMETHEE II	8	BHW, BZW, MBK, ING, PEO, BGZ
	TOPSIS	11, 8	BHW, BZW, MBK, ING, BGZ, MIL
n = 7	SAW	11, 8	BHW, BZW, MBK, ING, PEO, BGZ, PKO
	PROMETHEE II		
	TOPSIS	11, 8	BHW, BZW, MBK, ING, PEO, BGZ, MIL,
n = 8	SAW	11, 8	BHW, BZW, MBK, ING, PEO, BGZ, PKO, MIL
	PROMETHEE II	11	BHW, BZW, MBK, ING, PEO, BGZ, PKO, MIL
		8	BHW, BZW, MBK, ING, PEO, BGZ, PKO, BPH
	TOPSIS	11, 8	BHW, BZW, MBK, ING, PEO, BGZ, MIL, BPH

Celem pracy jest zbadanie, czy korelacja kryteriów istotnie wpływa na uporządkowanie walorów giełdowych (co wpływa na dobór spółek do portfela), dlatego wygenerowano sześć portfeli wyłonionych ze zbiorów odpowiednio pięcio-, sześćo- oraz ośmioelementowych (podzbiory zaznaczone w tabeli 3). Porównanie zysków portfeli: pierwszego z drugim, trzeciego z czwartym oraz piątego z szóstym, może wskazać wyższość któregoś zestawu kryteriów.

Rozwiązanie zadania optymalizacyjnego (16) dla wybranych podzbiorów spółek dało następujące rezultaty (tabela 4) – zakłada się, że w dniu 02.01.2013 r. zainwestowano 100 000 zł.

Jak już wspomniano, porównywane są odpowiednie pary portfeli. Portfele 1 i 2 są niewiele zróżnicowane (zbiór nie jest zbyt liczny), natomiast wyższym zyskiem cechuje się portfel uzyskany ze zbioru wyłonionego po redukcji charakterystyk. Różnicowanie portfeli 3 oraz 4 jest nieco większe i jest to również widoczne w zysku – portfel Markowitza uzyskany po zredukowaniu zbioru charakterystyk cechuje się prawie 2,5-krotnie większym zyskiem. Portfele 5 i 6 także są bardziej zróżnicowane, natomiast dużo wyższym zyskiem odznacza się portfel uzyskany ze zbioru walorów wyodrębnionych przy pomocy kompletu uwzględnionych kryteriów.

Skonstruowano portfele w dniu 02.01.2015 r. o strukturze przedstawionej w tabeli 4. Sprawdzone następnie zyskowość portfeli w ostatnim dniu kolejnych czterech miesięcy. Wyniki zawiera tabela 5.

Tabela 4. Portfele Markowitza dla uzyskanych grup spółek

Bank	Portfel 1	Portfel 2	Portfel 3	Portfel 4	Portfel 5	Portfel 6
	<i>n</i> = 5 TOPSIS K_11	<i>n</i> = 5 TOPSIS K_8	<i>n</i> = 6 SAW PROM K_11	<i>n</i> = 6 SAW PROM K_8	<i>n</i> = 8 PROM K_11	<i>n</i> = 8 PROM K_8
BGZ	0,3	0,3	×	0,3	0,3	0,3
BHW	0,1	0,1	0,1	0,1	–	–
BPH	×	×	×	×	×	0,3
BZW	–	×	–	–	–	–
ING	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,3
MBK	0,3	–	–	0,3	0,3	0,1
MIL	×	0,3	×	×	0,3	×
PEO	×	×	0,3	–	–	–
PKO	×	×	0,3	×	–	–
Stopa zysku portfela (%) w dniu 30.12.2014 r. w porównaniu do 02.01.2013 r.	45,61	50,08	17,73	43,86	54,55	32,62

Tabela 5. Stopy zysku portfeli pod koniec kolejnych czterech miesięcy 2015 r.

Stopa zysku portfela (%) w dniu	Portfel 1	Portfel 2	Portfel 3	Portfel 4	Portfel 5	Portfel 6
30.01.2015	–2,57	–2,71	–1,75	–2,15	–3,92	–3,21
27.02.2015	–3,28	–3,94	–1,93	–2,82	–5,93	–3,42
31.03.2015	–3,93	–4,61	–0,72	–3,31	–8,07	–3,53
30.04.2015	–0,71	–0,91	3,00	–0,46	–4,13	–1,40

Niemal wszystkie portfele zanotowały straty. Z punktu widzenia badania interesującym jest jednak zachowanie pary portfeli, które wyłoniono za pomocą wyjściowego oraz zredukowanego zbioru kryteriów. Porównując zatem portfel 1 z portfelem 2 w okresie styczeń–kwiecień 2015 r., widać bardzo podobną reakcję portfeli na sytuację na rynku, chociaż portfel 2, którego zysk w okresie styczeń 2013–grudzień 2014 charakteryzował się większym zyskiem, w kolejnych miesiącach notował nieco większe straty. Podobna sytuacja zachodzi w przypadku portfeli 3 oraz 4 – lepsze wyniki portfela ze zbioru wyłonionego przy zredukowanej liczbie kryteriów w okresie, z którego zaczerpnięto dane, oraz gorsze wyniki tego portfela w okresie późniejszym. Portfele 5 i 6 zachowywały się z kolei odwrotnie – w pierwszym rozpatrywanym okresie wyższe zyski notował

portfel 5 uzyskany ze zbioru wyodrębnionego przy pomocy pełnego zestawu kryteriów, natomiast w drugiej części okresu portfel ten cechował się większymi stratami. W zaistniałej sytuacji trudno jednoznacznie odpowiedzieć na pytanie, czy w problemie doboru walorów do portfela rozpatrywanym jako zagadnienie wielokryterialne ważnym jest brak korelacji kryteriów.

Podsumowanie

Celem analiz było stwierdzenie, czy istotne jest badanie korelacji kryteriów w zagadnieniu doboru walorów do portfela traktowanego jako problem wielokryterialny. Przeprowadzając analizę wielokryterialną, ważny jest właściwy dobór kryteriów odzwierciedlających istotę zagadnienia oraz reprezentujących najważniejsze obszary związane z funkcjonowaniem rozważanych obiektów. Jeśli zagadnieniem tym jest uporządkowanie i selekcja walorów do portfela, uzasadnionym jest uwzględnienie kryteriów fundamentalnych, rynkowych, a także mierników wykorzystywanych w analizie portfelowej. Mając na uwadze te sugestie oraz uwzględniając specyfikę sektora, z którego wybrano spółki (sektor bankowy), wzięto pod uwagę jedenaście kryteriów. Przeprowadzono analizę wielokryterialną w dwóch przypadkach – uwzględniając pełny zestaw kryteriów oraz ograniczając się do kryteriów, które nie są ze sobą silnie skorelowane. W badaniach wykorzystano trzy metody wielokryterialne, zróżnicowane pod względem metodologicznym. Uzyskane w pierwszym etapie analiz rankingi spółek cechowały się silnym skorelowaniem, przy czym korelację rang badano tylko między rankingami otrzymanymi dla tej samej metody. Taki rezultat mógł sugerować nieistotność badania korelacji kryteriów. Wygenerowane zestawienia posłużyły następnie do wydzielenia podzbiorów walorów, z których wyłoniono portfele za pomocą klasycznego podejścia Markowitza. Analiza zyskowności otrzymanych portfeli nie dała jednoznacznej odpowiedzi na stawiane pytania, czy należy badać korelację kryteriów uwzględnianych w analizach oraz jak korelacja kryteriów w rozważanym zagadnieniu wpływa na zyski skonstruowanych portfeli.

Należy mieć na uwadze fakt, że badania przeprowadzono na nielicznym zbiorze obiektów, co mogło mieć wpływ na wyniki. Istotny mógł być również dobór metod badawczych, a także wartości wag nadanych kryteriom oraz sam sposób generowania portfela. Niniejsze badania trzeba zatem potraktować jako nieostateczne, stanowiące punkt wyjścia dalszych analiz.

Literatura

- Brans J.P., Mareschal B. (2005), *PROMETHEE Methods*, [in:] J. Figueira, S. Greco, MEhrgott (eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, New York.
- Dziechciarz J., red. (2002), *Ekonometria – metody, przykłady, zadania*, Wydawnictwo UE, Wrocław.
- Lai Y.J., Liu T.Y., Hwang C.L. (1994), *TOPSIS for MODM*, „European Journal of Operational Research”, Vol. 76(3).
- Leszczyński Z. (2004), *Analiza ekonomiczno-finansowa spółki*, PWE, Warszawa.
- Łuniewska M., Tarczyński W. (2006), *Metody wielowymiarowej analizy porównawczej na rynku kapitałowym*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Ostasiewicz W., red. (1999), *Statystyczne metody analizy danych*, Wydawnictwo AE, Wrocław.
- Pośpiech E., Mastalerz-Kodzis A. (2015), *Wybór metody wielokryterialnej do wspomaganie decyzji inwestycyjnych*, „Organizacja i Zarządzanie”, nr 86.
- Przychocka I. (2012), *Kondycja finansowa firmy przez pryzmat analizy finansowej*, SIGMA SPJ, Warszawa.
- Sprawozdania finansowe rozważanych spółek za lata 2013-2014, <http://www.money.pl/gielda/spolki-gpw/> (dostęp: 14.09.2015).
- Tarczyński W. (2002), *Fundamentalny portfel papierów wartościowych*, PWE, Warszawa.
- Trzaskalik T., red. (2006), *Metody wielokryterialne na polskim rynku finansowym*, PWE, Warszawa.
- Trzaskalik T., red. (2014), *Wielokryterialne wspomaganie decyzji*, PWE, Warszawa.
- Tyran M.R. (2001), *Wskaźniki finansowe*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków.
- [www1] <http://www.bankier.pl> (dostęp: 14.09.2015).
- [www2] <http://www.gpw.pl> (dostęp: 14.09.2015).

CRITERIA CORRELATION AND ITS INFLUENCE ON MULTI-CRITERIA SHARES SELECTION

Summary: The purpose of the paper is to answer the question if criteria correlation is a crucial issue in multi-criteria problems such as shares and portfolio selection. Using three methods (SAW, PROMETHEE II, TOPSIS – based on different problems) shares rankings were built. Each two rankings, built for each method using: full set of chosen criteria and reduced set of them (without the correlated ones), were compared. On the basis of the rankings groups of shares were constructed. Applying Markowitz approach portfolios were selected and the profitability of appropriate ones were compared. The analyses showed that there was no unequivocal result concerning the influence of criteria correlation on structure and portfolio selection.

Keywords: multivariate analysis, correlation, multi-criteria methods, shares selection.