

Ewa POŚPIECH
Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Wydział Zarządzania
ewa.pospiech@ue.katowice.pl

ROZMYTE MODELOWANIE WE WSPOMAGANIU DECYZJI INWESTYCYJNYCH

Streszczenie. Inwestując w akcje z uwzględnieniem analizy fundamentalnej, należy przyjąć odpowiedni okres, z którego pochodzą dane. W literaturze można znaleźć sugestie, że w analizach powinno się uwzględnić dane z trzech do pięciu lat. Pozostaje jednak problem określenia oceny wariantów decyzyjnych za badany kilkuletni okres za pomocą jednej wartości. W artykule przedstawione są propozycje zastosowania wielokryterialnej metody TOPSIS w ujęciu rozmytym, w zagadnieniu porządkowania i selekcji walorów giełdowych. Posługując się tą metodą przedstawiono oceny kryterialne jako trójkątne liczby rozmyte.

Słowa kluczowe: metoda TOPSIS w ujęciu rozmytym, analiza fundamentalna, decyzje inwestycyjne, analiza portfelowa

FUZZY MODELLING IN SUPPORTING INVESTMENT DECISIONS

Abstract. Investing in shares using fundamental analysis means taking into account the appropriate period from which the data will come. In the literature we can find suggestions that in the analysis should be considered data from three to five years. However, there is the problem of determining the assessment of the quoted companies for included several years with one value. In the paper the proposals for use of multi-criteria fuzzy TOPSIS method, in the issue of ordering and selection of shares are presented. Using this method the values of fundamental and market indicators were presented as triangular fuzzy numbers.

Keywords: fuzzy TOPSIS method, fundamental analysis, investment decision making, portfolio analysis

1. Wprowadzenie

Wspomaganie decyzji inwestycyjnych jest zagadnieniem złożonym. Samo pojęcie inwestycji jest szerokie i może być rozumiane na różne sposoby: można inwestować w akcje, obligacje, fundusze inwestycyjne, waluty, złoto lub inne metale szlachetne, nieruchomości itp. Po określeniu sposobu inwestowania pojawiają się kolejne dylematy związane np. z ujęciem podejmowanego tematu czy zastosowaniem narzędzi analiz (uwzględniając także innowacyjne podejście do zagadnienia). Inwestując w akcje, gdyż taki rodzaj inwestycji rozważany jest w artykule, decydent chciałby ulokować swoje oszczędności w walory, które dałyby maksimum zysku przy minimum ryzyka. Cele te nie są możliwe do osiągnięcia jednocześnie. Można jednak próbować osiągnąć pewien kompromis, a ponadto posiłkować się dodatkowymi wskazówkami, które pozwolą na ocenę np. stabilności firmy, w której akcje zamierza się zainwestować. Zwolennicy analizy fundamentalnej kierują się informacjami, które określają sytuację ekonomiczno-finansową firmy. W tym celu badają różne wskaźniki fundamentalne i rynkowe [3, 4, 7] i na tej podstawie oceniają spółkę. Pomocne w analizie będzie uporządkowane (metodyczne) podejście, w ramach którego można rozważać zastosowanie metod wielokryterialnych [5, 9, 10]. Metody te umożliwiają ocenę wariantu decyzyjnego (spółki) przez pryzmat wielu charakterystyk. Decydując się na ocenę fundamentalną spółki pojawia się problem, z jak długiego okresu uwzględnić dane. W literaturze (m.in. [8]) sugerowane jest uwzględnienie okresu od trzech do pięciu lat. Biorąc pod uwagę tę sugestię, postanowiono w analizach uwzględnić okres trzy oraz pięcioletni z wykorzystaniem narzędzi modelowania rozmytego – trójkątnych liczb rozmytych.

Celem artykułu jest porównanie wyników uporządkowania i selekcji wybranych walorów giełdowych za pomocą zaproponowanych ujęć. Do osiągnięcia tego celu wykorzystano narzędzia analizy fundamentalnej i portfelowej oraz uwzględniono elementy modelowania rozmytego. Stawiana hipoteza zakłada, że proponowane podejścia istotnie różnicują uzyskane wyniki, co umożliwia wyłonienie bardziej atrakcyjnych dla inwestora portfeli akcji, a tym samym wskazanie efektywniejszego narzędzia analiz.

2. Metoda TOPSIS w ujęciu rozmytym

W analizach uwzględniono wielokryterialną metodę TOPSIS, którą zastosowano w ujęciu rozmytym [1, 10]. Wybór tej metody wynika m.in. z wcześniej prowadzonych badań [5, 6], w wyniku których uzyskano uporządkowanie spółek dające możliwość wyboru bardziej zyskownych portfeli. Ponadto, rozmyta wersja metody oznacza, że można ją stosować,

w sytuacji, gdy zadanie jest w specyficzny sposób określone (np. gdy decydent nie jest w stanie podać dokładnych wartości ocen kryterialnych).

W metodzie TOPSIS porównuje się warianty decyzyjne z rozwiązaniami, tzw. idealnym oraz antyidealnym [2, 10]. Dzięki tym porównaniom uzyskuje się ranking, który porządkuje obiekty. Przy następujących oznaczeniach: m – liczba wariantów decyzyjnych, n – liczba kryteriów, $a_i^{(k)}$ – ocena wariantu i w ramach kryterium k , dla $i = 1, 2, \dots, m$, $k = 1, 2, \dots, n$, wyznaczana jest znormalizowana macierz decyzyjna. W rozmytej wersji metody oceny wariantów traktowane są jako liczby rozmyte. Niech $\tilde{a}_i^{(k)}$ jest trójkątną liczbą rozmytą, przyjmuje ona wówczas postać:

$$\tilde{a}_i^{(k)} = (d_{ik}, s_{ik}, g_{ik}), \quad (1)$$

gdzie:

d_{ik} – pesymistyczna ocena wariantu i względem kryterium k ,

s_{ik} – oczekiwana ocena wariantu i względem kryterium k ,

g_{ik} – optymistyczna ocena wariantu i względem kryterium k .

Macierz decyzyjną $\tilde{\mathbf{X}} = [\tilde{x}_{ik}]$ będą tworzyły elementy postaci:

$$\tilde{x}_{ik} = \left(\frac{d_{ik}}{\max_j g_{jk}}, \frac{s_{ik}}{\max_j g_{jk}}, \frac{g_{ik}}{\max_j g_{jk}} \right), \quad (2)$$

$$\tilde{x}_{ik} = \left(\frac{\min_j g_{jk}}{g_{ik}}, \frac{\min_j g_{jk}}{s_{ik}}, \frac{\min_j g_{jk}}{d_{ik}} \right), \quad (3)$$

przy czym liczby dane wzorem (2) wyznaczane będą dla kryteriów maksymalizowanych, natomiast dla kryteriów minimalizowanych elementy będą liczone według wzoru (3).

W kolejnym kroku procedury konstruowana jest ważona znormalizowana macierz decyzyjna $\tilde{\mathbf{Z}} = [\tilde{z}_{ik}] = [w_k \tilde{x}_{ik}]$, gdzie w_k oznaczają wagi przypisane poszczególnym kryteriom, $i = 1, \dots, m$, $k = 1, \dots, n$. Na podstawie tej macierzy generuje się wartości rozmytych ważonych rozwiązań: idealnego (wzór (4)) oraz antyidealnego (wzór (5)) postaci:

$$\tilde{v}_k^+ = \max_i \tilde{z}_{ik}, \quad (4)$$

$$\tilde{v}_k^- = \min_i \tilde{z}_{ik}, \quad (5)$$

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

Kolejny etap procesu budowy rankingu wielokryterialnego za pomocą rozmytej metody TOPSIS to wyznaczenie odległości każdego wariantu decyzyjnego od wygenerowanych rozwiązań referencyjnych \tilde{v}_k^+ oraz \tilde{v}_k^- . Wykorzystywane są następujące wzory:

$$d_i^+ = \sum_{k=1}^n d(\tilde{z}_{ik}, \tilde{v}_k^+), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (6)$$

$$d_i^- = \sum_{k=1}^n d(\tilde{z}_{ik}, \tilde{v}_k^-), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (7)$$

gdzie $d(\tilde{a}, \tilde{b})$ to odległość między trójkątnymi liczbami rozmytymi; gdy $\tilde{a} = (d_a, s_a, g_a)$ oraz $\tilde{b} = (d_b, s_b, g_b)$ to trójkątne liczby rozmyte, odległość między nimi liczona jest następująco:

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(d_a - d_b)^2 + (s_a - s_b)^2 + (g_a - g_b)^2]}. \quad (8)$$

Ostatnim krokiem stosowanej metody jest obliczenie dla każdego wariantu względnej odległości S_i , $S_i \in [0, 1]$. Wzór na tę odległość przyjmuje postać:

$$S_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (9)$$

Ranking budowany jest na podstawie malejącej wartości wskaźnika S_i – im wyższa jego wartość, tym obiekt znajduje się wyżej w rankingu.

3. Analiza empiryczna

Badaniem objęto spółki giełdowe wchodzące w skład indeksu WIG20 w czerwcu 2017 roku. W zależności od stosowanego ujęcia wykorzystano dane dla wskaźników za lata 2014–2016 (gdy uwzględniano dane z trzech lat) lub 2012–2016 (w przypadku uwzględnienia danych z pięciu lat). Celem badań jest porównanie wyników uzyskanych dla zaproponowanych ujęć, zatem najistotniejszym elementem analiz jest ocena uporządkowania i wynikającej z niej selekcji walorów. W badaniach, jako kryteria oceny walorów giełdowych, przyjęto cztery następujące wskaźniki:

- wskaźnik rentowności aktywów ROA (zysk netto/aktywa ogółem),
- wskaźnik rentowności kapitału własnego ROE (zysk netto/kapitał własny),
- wskaźnik P/BV (cena rynkowa akcji/wartość księgową na jedną akcję),
- wskaźnik P/E (cena rynkowa akcji/zysk przypadający na jedną akcję).

Uwzględnionym kryteriom przyporządkowano równe wagi ($w_k = 0,25$, $k = 1, 2, 3, 4$), a każde z nich traktowano jako stymulantę, co oznacza, że wszystkie kryteria były maksymalizowane. Traktując problem jak zagadnienie rozmyte każdą z ocen w ramach każdego kryterium potraktowano jak trójkątną liczbę rozmytą. Ze względu na to, iż sugeruje się uwzględnienie wartości wskaźników z trzech do pięciu lat, rozpatrywano kilka ujęć (wariantów). Rozważano:

- wskaźniki z trzech lat – wartości dla badanych lat traktowane jako trójkątna liczba rozmyta, w której: parametr d_{ik} to minimalna z wartości wskaźnika uzyskana dla uwzględnionych trzech lat, parametr s_{ik} to kolejna co do wielkości wartość danego

wskaźnika, natomiast jako parametr g_{ik} przyjęto maksymalną z wartości (wagi równe dla poszczególnych lat) – wariant I;

- wskaźniki z trzech lat – interpretacja wartości wskaźników dla poszczególnych lat taka jak w wariacie I, jednak jako ważniejsze uznano wartości z roku ostatniego (2016) – waga $\frac{1}{2}$, za mniej ważne uznano wartości, które charakteryzowały rok 2015 – waga $\frac{1}{3}$, a jako najmniej ważne potraktowano wartości z roku 2014 (waga $\frac{1}{6}$) – wariant II;
- wskaźniki z pięciu lat¹ – interpretacja wskaźników jako parametrów d_{ik} oraz g_{ik} liczby rozmytej identyczna jak w wariacie I, natomiast jako środkowy parametr przyjęto oczekiwaną wartość oceny wyznaczoną dla wszystkich pięciu lat (wagi równe dla poszczególnych lat) – wariant III.

Dla podanych wariantów wyznaczono wartości wskaźnika S_i , na podstawie których zbudowano oddzielne rankingi (tabela 1).

Tabela 1

Wartości odległości wskaźnika S_i oraz rankingi dla poszczególnych wariantów

Spółka	Wariant I		Wariant II		Wariant III	
	S_i	ranking	S_i	ranking	S_i	ranking
ALR	0,488	10	0,547	10	0,447	11
ACP	0,472	13	0,541	12	0,445	12
BZW	0,509	5	0,560	6	0,488	6
CCC	0,843	1	0,839	1	0,793	1
CPS	0,495	8	0,557	8	0,503	5
ENG	0,475	12	0,532	13	0,443	13
EUR	0,650	3	0,666	3	0,642	3
JSW	0,240	20	0,266	19	0,192	20
KGH	0,271	19	0,235	20	0,339	18
LTS	0,357	18	0,459	16	0,403	14
LPP	0,746	2	0,704	2	0,730	2
MBK	0,490	9	0,549	9	0,464	10
OPL	0,367	17	0,376	18	0,368	16
PEO	0,500	6	0,559	7	0,473	7
PGE	0,416	14	0,479	15	0,388	15
PGN	0,499	7	0,572	5	0,469	8
PKN	0,381	16	0,507	14	0,318	19
PKO	0,484	11	0,544	11	0,468	9
PZU	0,570	4	0,611	4	0,542	4
TPE	0,381	15	0,440	17	0,362	17

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z [11, 12, 13].

¹ Dla spółki ENERGA uwzględniono cztery lata, gdyż spółka ta zadebiutowała na GPW w Warszawie w grudniu 2013 roku.

Analizując uzyskane rankingi można zauważyć niewielkie zróżnicowanie. W przypadku czterech spółek (CCC, LPP, EUR, PZU) uzyskano identyczne uporządkowanie, a co istotne, wyszczególnione spółki zajmują najwyższe miejsca w zestawieniu. W przypadku kolejnych spółek (ALR, ACP, BZW, ENG, JSW, MBK, PEO, PGE) rankingi były identyczne lub różniły się jednym miejscem. Maksymalną różnicę dwóch pozycji rankingowych uzyskano dla spółek: KGH, OPL, PKO, TPE, natomiast w przypadku pozostałych czterech walorów różnice w zestawieniach były nieco większe, nie przekraczały jednak maksymalnie pięciu pozycji (3 dla CPS i PGN, 4 dla LTS, 5 dla PKN). Ogólnie, skorelowanie rankingów kształtowało się na wysokim, nie niższym niż 0,95, poziomie – najsilniej skorelowane były rankingi wariantów I i II (0,982), natomiast najslabiej – wariantów II i III (0,953).

Na podstawie otrzymanych zestawień wyselekcjonowano zbiory sześć-, siedmio-, dziewięcio- i dziesięcioelementowe (wybrano te spółki, które znalazły się w rankingach najwyżej). Nie brano pod uwagę grupy ośmioelementowej, gdyż we wszystkich wariantach zbiór ten był identyczny. Uzyskano dziewięć podzbiorów (tabela 2).

Tabela 2

Rezultaty grupowania spółek według uwzględnionych wariantów

Lp.	Podzbiory	Spółki
1	Wariant I – 6 spółek	CCC, LPP, EUR, PZU, BZW, PEO
2	Wariant II – 6 spółek	CCC, LPP, EUR, PZU, PGN, BZW
3	Wariant III – 6 spółek	CCC, LPP, EUR, PZU, CPS, BZW
4	Wariant I/II – 7 spółek	CCC, LPP, EUR, PZU, BZW, PEO, PGN
5	Wariant III – 7 spółek	CCC, LPP, EUR, PZU, CPS, BZW, PEO
6	Wariant I/II – 9 spółek	CCC, LPP, EUR, PZU, BZW, PEO, PGN, CPS, MBK
7	Wariant III – 9 spółek	CCC, LPP, EUR, PZU, CPS, BZW, PEO, PGN, PKO
8	Wariant I/II – 10 spółek	CCC, LPP, EUR, PZU, BZW, PEO, PGN, CPS, MBK, ALR
9	Wariant III – 10 spółek	CCC, LPP, EUR, PZU, CPS, BZW, PEO, PGN, PKO, MBK

Źródło: Opracowanie własne.

Ze względu na to, że uzyskane zestawienia są zbliżone, wyniki grupowania spółek są podobne. Zbiory o tej samej liczebności, wyłonione na podstawie różnych ujęć, różnią się między sobą co najwyżej jednym walorem. Wyznaczone za pomocą przedstawionych podejść zbiory stanowią podstawę konstrukcji portfela.

Z otrzymanych podzbiorów, skonstruowano portfele oparte na klasycznym podejściu Markowitza (liczby porządkowe zamieszczone w tabeli 2 odpowiadają numerowi portfela). Rozważano zadania optymalizacyjne, w których minimalizowano wariancję portfela przy stopie zwrotu nie niższej niż średnia stopa zwrotu uwzględnionych spółek oraz dodatkowym warunkiem ograniczającym na udziały spółek w portfelu ($x_i \leq 0,3$).

Rozwiązano odpowiednie zadania optymalizacyjne uzyskując następującą strukturę portfeli (tabela 3). W ostatnim wierszu tabeli 3 podano także ryzyko wyznaczonego portfela mierzone odchyleniem standardowym stóp zwrotu.

Tabela 3

Struktura portfeli Markowitza

Spółki	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
ALR	×	×	×	×	×	×	×	0,03	×
BZW	0,08	0,067	0,073	0,049	0,034	–	0,005	0,057	–
CCC	0,218	0,155	0,121	0,177	0,188	0,064	0,147	0,114	0,126
CPS	×	×	0,257	×	0,152	0,166	0,166	0,177	0,237
EUR	0,123	0,139	0,055	0,026	0,265	0,013	–	0,104	0,096
LPP	0,068	0,049	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,045	0,04
MBK	×	×	×	×	×	0,3	×	–	0,008
PEO	0,3	×	×	0,3	–	0,025	0,3	0,193	0,165
PGN	×	0,3	×	0,083	×	0,028	0,055	0,1	0,118
PKO	×	×	×	×	×	×	–	×	0,01
PZU	0,211	0,29	0,194	0,065	0,061	0,104	0,027	0,18	0,2
Ryzyko	1,187	1,177	1,138	1,058	1,069	1,096	1,013	1,202	1,196

Źródło: Opracowanie własne.

Uzyskane portfele Markowitza charakteryzowały się zróżnicowaną strukturą i porównywalnym poziomem ryzyka.

W dalszej części badań założono, że w dniu 02.01.2017 r. zainwestowano w portfele o strukturach podanych w tabeli 3 (o przybliżonej wartości 100 000 zł) i oszacowano ich zyski na koniec kolejnych pięciu miesięcy (tabela 4).

Tabela 4

Stopy zysku portfeli (%)

Stopa zysku portfela w porównaniu do 02.01.2017	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
31.01.2017	2,72	0,96	-1,06	0,00	-2,17	1,89	-0,72	1,51	1,00
28.02.2017	5,02	5,56	1,56	6,61	-2,52	6,84	4,77	3,30	2,93
31.03.2017	4,17	4,12	8,08	10,63	3,87	10,90	9,83	2,90	2,94
28.04.2017	11,17	15,07	13,57	15,29	6,79	19,90	13,10	10,26	10,47
31.05.2017	7,85	11,66	11,93	9,39	1,30	16,89	9,53	9,28	10,48

Źródło: Opracowanie własne.

Analizując wartości zamieszczone w tabeli 4 widoczne są zdecydowanie niższe zyski bądź nawet straty w początkowym okresie inwestycji i wyższe zyski w drugiej części tego okresu. Z uwagi na cel badania skoncentrowano się na porównaniu ze sobą trójek bądź par portfeli, mianowicie: P1, P2 i P3, następnie P4 z P5, P6 z P7 oraz P8 z P9. Takie porównanie portfeli wynika ze sposobu, w jaki był wyznaczany zbiór spółek stanowiących podstawę wyboru portfela. Można zauważyć, że tylko w przypadku zbiorów najmniej licznych rozważane trzy warianty wyselekcjonowały różne zbiory. W pozostałych przypadkach warianty I oraz II generowały ten sam zbiór stanowiący bazę wyboru portfela.

Porównując zatem pierwsze trzy portfele można zauważyć, iż w początkowym okresie inwestycji (na koniec dwóch początkowych miesięcy) lepsze wyniki notowały portfele wyłonione na podstawie analizy finansowej uwzględniającej wartości wskaźników z trzech lat. Pod koniec marca sytuacja się odwróciła, po czym na koniec kolejnych dwóch miesięcy nastąpiło większe zróżnicowanie zyskowności (również wśród portfeli „trzyletnich” uwzględniających odmienne podejście do ważności rozważanych lat). Wobec tego, dla portfeli wygenerowanych ze zbiorów sześćcioelementowych, trudno wnioskować, które z rozpatrywanych podejść byłoby najbardziej wskazane; przy założeniu, że inwestor przytrzyma akcje przynajmniej przez trzy miesiące, każdy z portfeli przyniósłby co najmniej czteroprocentowy zysk. Spośród porównywanych trzech portfeli, P3 cechował się najniższym ryzykiem.

Kolejne porównania dotyczą portfeli, których podstawą budowy były zbiory uzyskane przy wykorzystaniu wskaźników z trzech lat (wspólne dla obydwu wariantów) oraz pięciu lat. Ze zbiorów siedmioelementowych otrzymano portfele P4 i P5. W przypadku tych portfeli zdecydowanie lepszy wynik notował ten pierwszy, czyli portfel Markowitza uzyskany na podstawie analizy wskaźników fundamentalnych i rynkowych z trzech lat (bez względu na to, czy przyjęto równe czy różne wagi dla tych lat). Na podstawie wartości zamieszczonych w tabeli 3, portfel ten cechował się także nieco mniejszym ryzykiem.

Następnym porównaniom poddano portfele P6 i P7. W przypadku portfeli uzyskanych ze zbiorów dziewięcioelementowych można wysunąć analogiczne wnioski, jak dla poprzedniej pary – portfel otrzymany ze zbioru, którego podstawą wyznaczenia była analiza wskaźników z trzech lat (P6), jest pod koniec każdego miesiąca bardziej zyskowny niż P7 (ryzyko portfela P6 jest jednak nieznacznie wyższe od P7).

Ostatnie porównanie dotyczy portfeli P8 i P9, wyznaczonych z najliczniejszej (dziesięcioelementowej) grupy. Zyski obydwu portfeli są zbliżone – na początku okresu inwestycji portfel P8 cechuje się niewiele wyższym zyskiem, po czym w drugiej części badanego okresu inwestycji portfel P9 notuje nieco wyższe zyski. Ryzyko portfela P8 jest nieznacznie większe.

4. Podsumowanie

W artykule podjęto tematykę wspomagania decyzji inwestycyjnych przy zastosowaniu wielokryterialnej metody TOPSIS porządkującej obiekty. Rozważano rozmytą wersję tej metody, która może być wykorzystywana w sytuacji, gdy decydent nie podaje dokładnie wartości ocen kryterialnych. Przez inwestycję rozumiano wybór akcji, w które decydent ulokowałby swoje oszczędności kierując się wybranymi wskaźnikami finansowymi i rynkowymi oraz budując portfel oparty na podejściu Markowitza.

Oceniając walor jako potencjalny instrument inwestycyjny pojawia się pytanie o kryteria tej oceny, o narzędzia umożliwiające metodyczne podejście do problemu oraz o sposób wykorzystania tych narzędzi. Uwzględniając w analizach jako kryteria wskaźniki opisujące kondycję ekonomiczno-finansową spółki giełdowej (zatem implementując elementy analizy fundamentalnej), naturalne jest pytanie o przedział czasowy, z którego należy zaczerpnąć dane. Według sugestii, które można znaleźć w literaturze [8], powinno się uwzględnić okres od trzech do pięciu ostatnich lat. Można zatem wyznaczyć wartości uwzględnianych wskaźników za cały badany okres (trzy, cztero lub pięcioletni) lub posłużyć się innym podejściem – traktując oceny kryterialne z poszczególnych lat jako liczby rozmyte. Takie podejście (dla okresu trzyletniego) zastosowano we wcześniej prowadzonych badaniach [6] i uzyskano zachęcające wyniki przemawiające za zasadnością stosowania takiego podejścia. W niniejszym opracowaniu postanowiono więc zbadać inne możliwości związane z zastosowaniem ujęcia rozmytego. Rozważano trzy warianty: korzystano z wartości wskaźników z trzech lat z uwzględnieniem takiej samej ważności dla każdego roku, przyjmowano wartości z trzech lat różnicując jednak odpowiednio wagę każdego roku oraz wykorzystano wartości wskaźników z pięciu lat. W każdym wariantcie ocenę kryterialną traktowano jako trójkątną liczbę rozmytą. Przeprowadzone badania pokazały, że przy zastosowaniu proponowanego rozmytego podejścia skorelowanie rankingów uzyskanych dla poszczególnych wariantów jest na bardzo wysokim poziomie (ponad 0,95), chociaż w większości przypadków nieco lepszym wariantem jest ten, w którym dane dla wskaźników zaczerpnięte są z okresu trzyletniego. Wydaje się także, że przypisywanie różnych wag latom badanego okresu nie jest istotne. Oznacza to, iż stawiana hipoteza nie została do końca pozytywnie zweryfikowana. Otrzymane rezultaty zachęcają jednak do dalszych badań uwzględniających rozmyte modelowanie w celu poszukiwania efektywnych narzędzi wspomagających decyzje inwestycyjne.

Bibliografia

1. Jahanshahloo G.R., Hosseinzadeh Lotfi F., Izadikhah M.: Extension of the TOPSIS Method for Decision-making Problems with Fuzzy Data. "Applied Mathematics and Computation". No. 185, 2006.
2. Lai Y.J., Liu T.Y., Hwang C.L.: TOPSIS for MODM. "European Journal of Operational Research", No. 76(3), 1994.
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., Mastalerz-Kodzis A.: Wybór metody wielokryterialnej do wspomaganie decyzji inwestycyjnych. „Organizacja i Zarządzanie”, nr 86, 2015, s. 379-388.
6. Pośpiech E., Mastalerz-Kodzis A.: Zastosowanie metody TOPSIS w ujęciu rozmytym do selekcji walorów giełdowych. „Organizacja i Zarządzanie”, nr 96, 2016, s. 395-404.
7. Tarczyński W.: Rynki kapitałowe. Metody ilościowe. Polska Agencja Wydawnicza PLACET, Warszawa 2001.
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. www.bankier.pl
12. www.gpw.pl
13. www.money.pl