

Sebastian Majewski
Uniwersytet Szczeciński

ZASTOSOWANIE TAKSONOMII ROZMYTEJ DO OCENY ATRAKCYJNOŚCI INWESTYCYJNEJ WYBRANYCH SPÓŁEK GIEŁDOWYCH

1. Wstęp

Dwie podstawowymi charakterystykami, decydującymi o wyborze spółek w procesie inwestycyjnym, są stopa zwrotu i ryzyko (z reguły w klasycznych finansach opisywane przez odchylenie standardowe stóp zwrotu z kursów papieru wartościowego). Poza subiektywnymi odczuciami inwestora są to najważniejsze cechy opisujące papier wartościowy. Pojawia się niepewność, czy przyrost stopy zwrotu z inwestycji (w badanym wymiarze) rekompensuje wzrost związanego z nią ryzyka. Zarysowany problem wiąże się z trudnością w określeniu tego, kiedy ryzyko jest jeszcze małe, a kiedy już jest duże, która stwarza problemy z porównywaniem walorów na rynku.

Dalsze trudności pojawiają się, gdy do procesu podejmowania decyzji włączymy kolejne parametry (do badania wykorzystano taksonomiczną miarę atrakcyjności inwestowania w papiery wartościowe). W artykule problemy te próbuje się rozwiązać z wykorzystaniem taksonomii rozmytej.

Celem artykułu jest zbadanie atrakcyjności spółek giełdowych, opisanej przez stopień przynależności badanych spółek giełdowych do jednego z trzech zbiorów: spółek atrakcyjnych, spółek nieatrakcyjnych oraz spółek należących do obszaru niepewności. Analiza będzie przeprowadzona na podstawie dwuwymiarowych i siedmiowymiarowych charakterystyk obiektów. Dwuwymiarowymi charakterystykami są: stopa zwrotu i ryzyko, siedmiowymiarowymi – stopa zwrotu, ryzyko oraz zmienne wchodzące w skład taksonomicznej miary atrakcyjności inwestowania. W badaniu wykorzystano tygodniowe stopy zwrotu za 2002 r., przeskalowane na stopy roczne, oraz wskaźniki finansowe za 2002 r. Do grupowania będzie użyta metoda klasteryzacji rozmytej *c*-średnich (*fuzzy c-means*). Celem analizy jest próba zo-

biektywizowania procesu decyzyjnego inwestora giełdowego. Często bowiem można się spotkać w literaturze ze stwierdzeniami, że inwestor podejmując decyzję łamie zasadę przechodniości preferencji.

2. Metody grupowania rozmytego

W procesie inwestowania mówi się często o spółkach „dobrych”, lecz takie pojęcie jest nieprecyzyjne. W celu wyeliminowania owej nieprecyzyjności skuteczne powinno być zastosowanie teorii zbiorów rozmytych. Można się posługiwać nią, aby zmierzyć odległości między danym przedmiotem a grupą przedmiotów. Element zbioru rozmytego może jednocześnie należeć do zbioru i do jego dopełnienia [Majewski 1998]. Tak jest w przypadku dwóch zbiorów. W większej liczbie zbiorów jeden obiekt może należeć w pewnym stopniu do kilku klas jednocześnie.

Zbiór rozmyty można zdefiniować jako parę uporządkowaną, złożoną z pewnego zbioru klasycznego i określonej na nim funkcji o wartościach z przedziału zamkniętego od 0 do 1. Funkcję taką nazywa się funkcją przynależności, która przyjmuje wartości z przedziału $\langle 0,1 \rangle$, a jej wartość świadczy o stopniu, w jakim dany obiekt przynależy do zbioru rozmytego. Gdy wartość funkcji wynosi odpowiednio 0 lub 1, obiekt należy do dopełnienia zbioru rozmytego bądź należy do zbioru rozmytego. Pozostałe wartości świadczą o częściowej przynależności obiektu do zbioru rozmytego i jego dopełnienia.

Dla danego zbioru cech diagnostycznych, na podstawie klasyfikacji rozmytej, wyznacza się rodzinę zbiorów rozmytych (klas) przy spełnieniu następujących założeń:

$$0 \leq f_{ij} \leq 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, K,$$

$$\sum_{j=1}^K f_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, n,$$

$$\sum_{i=1}^n f_{ij} = 1 \quad j = 1, \dots, K,$$

gdzie: K – liczba klas rozmytych,

f_{ij} – stopień przynależności i -tego obiektu do j -tej klasy.

Drugi warunek wprowadza się w klasyfikacji rozmytej w celu uniknięcia problemów interpretacyjnych i oznacza on, że suma stopni przynależności danego obiektu do różnych klas musi być równa 1. Trzeci warunek wprowadza się w celu wyeliminowania pustych klas obiektów.

Wynikiem klasyfikacji rozmytej są stopnie przynależności obiektów do różnych klas. W odróżnieniu od metod grupowania klasycznego otrzymane wyniki nie wskazują jednoznacznie klas, do których klasyfikuje się poszczególne obiekty. Tę właśnie charakterystyczną cechę wykorzystano do wskazywania inwestorowi spółek „dobrych”, „złych” i „niepewnych”. Zastosowanie klasyfikacji rozmytej może pomóc w wyeliminowaniu błędnych zachowań inwestorów z procesu decyzyjnego.

W literaturze najczęściej spotykaną metodą grupowania rozmytego jest metoda ISODATA [Jajuga 1990, s. 163], której podstawą jest wyznaczenie ekstremum następującej funkcji:

$$L(F, \Theta) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^K f_{ij}^2 \cdot d_{ij},$$

gdzie: d_{ij} – odległość i -tej obserwacji od j -tej klasy rozmytej (np. Euklidesowa),

$\Theta = [\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_K]$, gdzie: Θ_K – wektor charakterystyk j -tej klasy rozmytej,

$F = [f_{ij}]$ – macierz zawierająca stopnie przynależności obserwacji do klas rozmytych.

Algorytm klasyfikacji rozmytej można znaleźć w pracy [Jajuga 1990]. Pierwszym etapem klasyfikacji jest znalezienie ekstremum powyższej funkcji z wykorzystaniem metody mnożników Lagrange'a. W drugim etapie są określane odległości i -tego obiektu od j -tej klasy d_{ij} oraz charakterystyki klas. W tym miejscu można wykorzystać wiele formuł pozwalających na określenie odległości obiektu od klasy (np. rozmytą klasyfikację sferyczną, eliptyczną, kubiczną).

3. Zasada przechodniości preferencji

Teoria użyteczności, której twórcami są von Neumann i Morgenstern, głosi, że preferencje inwestora podlegają pewnym zasadom. Jedną z nich jest zasada przechodniości, zakładająca, że są trzy rodzaje inwestycji: A, B i C. Inwestor ma wybrać jedną z możliwości A i B, a następnie jedną z inwestycji B i C. Jeżeli w pierwszej fazie dokona wyboru inwestycji A, a w drugim – inwestycji B, to możliwość A powinna być lepsza od C.

Jednak, jak wynika z badań Khanemana i Tversky'ego, ta zasada jest łamana w inwestycjach giełdowych. W pracy T. Zaleśkiewicza ilustruje się to następującym przykładem: dane są informacje o trzech akcjach A1, A2 i A3. Należy dokonać wyboru pomiędzy inwestycjami według następujących reguł: gdy różnica w stopie zwrotu między dwiema akcjami jest większa niż 10%, wybieramy akcje o wyższej stopie zwrotu, bez względu na poziom ryzyka. Gdy różnica ta jest równa lub mniejsza od 10%, wtedy wybieramy akcję, która cechuje się niższym ryzykiem.

Tabela 1. Przykłady akcji

Rodzaj akcji	Stopa zwrotu (%)	Ryzyko (%)
A1	30	15
A2	20	10
A3	10	5

Źródło: [Zaleśkiewicz 2003, s. 165].

Biorąc pod uwagę reguły wyboru, należy stwierdzić, że spośród akcji A1 i A2 lepszą jest inwestycja A2, spośród inwestycji A2 i A3 – inwestycja A3, a spośród A1 i A3 – inwestycja A1. Takie odstępstwo od reguły przechodniości preferencji

jest nazywane łamaniem tej reguły. Można zatem stwierdzić, że w preferencji każdego inwestora można odnaleźć takie punkty, dla których ta zasada nie jest spełniona. Inwestorowi trudno jest również stwierdzić, od jakiego poziomu wysoka stopa zwrotu rekompensuje wysokie ryzyko, w jaki sposób dokonywać wyboru spółek „dobrych”. Wydaje się, że dwie podstawowe charakterystyki opisujące papier wartościowy bardzo komplikują proces wyboru właściwej spółki. Coraz częściej jednak inwestorom są proponowane nowe, uzupełniające informacje o papierze wartościowym. W takiej sytuacji dokonanie wyboru jest już niezwykle trudne. W rozwiązaniu tego problemu może pomóc taksonomia rozmyta.

4. Badanie empiryczne

Badanie empiryczne przeprowadzono na grupie 47 spółek, głównie tych, których kursy są uwzględniane przy tworzeniu indeksów WIG20 i TechWIG oraz tych, które w 2002 r. stanowiły najbardziej atrakcyjne walory dla Towarzystw Funduszy Inwestycyjnych. Z badania usunięto spółki o ujemnym wyniku finansowym, ze względu na to, że od razu tworzyłyby one oddzielną najsłabszą grupę spółek. W pierwszym etapie przeprowadzono klasyfikacje dla dwóch zmiennych (rocznej stopy zwrotu i ryzyka, obliczonego jako odchylenie standardowe z tygodniowych stóp zwrotu, przeskalowane do jednego roku) oraz dla trzech zmiennych (stopy zwrotu, ryzyka i TMAI). Niestety w wyniku analiz zarówno teoretycznych, jak i empirycznych stwierdzono, że ze względu na to, iż TMAI jest agregatem, w skład którego wchodzi pięć zmiennych (zyskowność netto, ROA, ROE, EPS, PBV), należy zastosować wersję z siedmioma zmiennymi. Wyniki grupowania spółek przy zastosowaniu trzech zmiennych dawałyby inne wyniki niż pozostałe badania (stopa zwrotu i ryzyko byłyby dwa razy ważniejsze od zmiennych finansowych).

Przeskalowania ryzyka dokonano za pomocą formuły:

$$\sigma_r = \sigma_t \cdot \sqrt{T},$$

gdzie: σ_r – miara ryzyka rocznego,

σ_t – miara ryzyka tygodniowego,

$T = 52$ – liczba tygodni w roku.

W pierwszym etapie badania dokonano grupowania rozmytego, w wyniku którego otrzymano stopnie przynależności spółek do trzech klas:

- 1) klasy spółek atrakcyjnych, charakteryzujących się w badanym okresie wysoką dodatnią stopą zwrotu i wysokim ryzykiem;
- 2) klasy spółek nieatrakcyjnych, charakteryzujących się w badanym okresie niską ujemną stopą zwrotu i wysokim ryzykiem;
- 3) klasy niepewnych spółek.

Następnie, na podstawie wartości funkcji przynależności do zbioru rozmytego 1, dokonano klasyfikacji spółek giełdowych ze względu na ich atrakcyjność inwe-

stycyjną, a na podstawie wartości funkcji przynależności do zbioru rozmytego 2 sklasyfikowano spółki ze względu na ich nieatrakcyjność.

Jeżeli uznamy, że wartość maksymalna funkcji przynależności do określonego zbioru decyduje o atrakcyjności bądź nieatrakcyjności inwestycyjnej spółek, to w wyniku zastosowania takiej procedury uzyskamy grupy spółek. Po dokonaniu rangowania spółek (zakładając, że pierwsza spółka „atrakcyjnej” grupy otrzyma rangę 1, a ostatnia k , to pierwsza spółka w grupie „niepewnej” otrzyma rangę $k + 1$ itd.) otrzymamy ogólne uporządkowanie. W następnym kroku badano zgodność przeprowadzonych klasyfikacji, obliczając różnice rang. W wyniku takiej analizy otrzymano wartość niezgodności klasyfikacji, a po analizie liczby spółek o niezgodnych rangach otrzymano współczynnik niezgodności klasyfikacji (odsetek niezgodnych spółek w ich ogólnej liczbie).

Aby uniknąć efektu „łamania zasady przechodniości preferencji”, wprowadzono następujące założenie: przeprowadzona klasyfikacja będzie bardziej przejrzysta dla inwestora giełdowego wtedy, gdy maksimum wartości funkcji przynależności jest większe od sumy wartości funkcji przynależności do pozostałych klas. W związku z tym przeprowadzono analizę wartości otrzymanych funkcji z wykorzystaniem współczynnika W .

$$W = \frac{\max f_D}{f},$$

gdzie: $\max f_D$ – maksymalna wartość funkcji przynależności dla dopełnień wybranej funkcji (f),

f – wartość wybranej funkcji przynależności, określająca „atrakcyjność” inwestycyjną spółek.

Za przejrzyste zaklasyfikowanie spółki uznano otrzymanie wartości, dla których wskaźnik W przyjmował wartości mniejsze lub równe średniej obliczonej ze wskaźników W dla wszystkich badanych spółek.

W końcowej fazie badania porównano klasyfikacje z dwiema zmiennymi diagnostycznymi i siedmioma zmiennymi diagnostycznymi.

W tabeli 2 zawarto wyniki klasyfikacji spółek giełdowych ze względu na przynależność do grupy spółek: atrakcyjnych bądź nieatrakcyjnych. Wyniki zestawiono w jednej tabeli, aby pokazać, jak silnie jest zróżnicowana przynależność do konkretnej klasy rozmytej. Bez wątpienia takie spółki, jak: BPH PBK, Budimex, Unimil, Eldorado, Jelfa, Relpol, BRE, Agora, ComputerLand, Orbis SA, TP SA zachowują *status quo* w obu klasyfikacjach. Zgodność w grupowaniach wskazuje 11 na 47 spółek, czyli 23,4% wszystkich badanych przypadków. Jeżeli jednak przeprowadzimy analizę korelacji z wykorzystaniem współczynnika korelacji rang Spearmana, okaże się, że obie klasyfikacje są podobne ($R_{xy} = 0,912$).

Tabela 2. Klasyfikacja spółek ze względu na ich atrakcyjność i nieatrakcyjność w przypadku dwóch zmiennych diagnostycznych (pierwsze i ostatnie cztery spółki w klasyfikacji)

Spółka	Stopień przynależności do zbioru atrakcyjnych	Stopień przynależności do zbioru nieatrakcyjnych	Ranga 1	Ranga 2
BPH PBK	77,0%	6,4%	1	47
Prokom	69,2%	10,3%	2	45
Pekao	56,2%	15,6%	3	41
Budimex	53,7%	12,4%	4	44
...	...	...	...	...
Agora	18,9%	67,9%	44	4
ComputerLand	15,7%	72,6%	45	3
Orbis SA	15,0%	74,5%	46	2
TP SA	6,7%	88,6%	47	1

Źródło: obliczenia własne.

Zastosowanie metody klasyfikacji rozmytej spółek ze względu na więcej niż jedną zmienną diagnostyczną skutkuje otrzymaniem wyników (stopni przynależności) dla spółek giełdowych, które wskazują na związki z badanymi klasami rozmytymi. W ten sposób wyklucza się niezgodność wynikającą z łamania zasady przechodniości preferencji.

Jeżeli uznamy, że najwyższa wartość funkcji „przynależność” decydować będzie o zakwalifikowaniu danej spółki do określonego zbioru rozmytego, to otrzymamy poszukiwane klasy spółek giełdowych (tab. 3). W tabeli 3 dodatkowo zamieszczono klasyfikację spółek ze względu na stopień przynależności do klasy spółek atrakcyjnych.

Tabela 3. Klasy spółek giełdowych z rangami (w nawiasach) na podstawie stopnia przynależności do klasy atrakcyjne

Spółki atrakcyjne	BPH PBK (1), Prokom (2), Pekao (3), Budimex (4), Millenium (5), Okocim (6), Farmacol (7), Polfa Kutno (8), Amica (9), Sanok (10), Kęty (11), ING BSK (13)
Spółki niepewne	Mieszko (12), Świecie (14), Cersanit (15), Stomil (16), Dębica (17), Unimil (18), LPP (19), Groclin (20), Forte (21), Rolimpex (24), BZ WBK (27)
Spółki nieatrakcyjne	KGHM (22), Duda (23), Telmax (25), Poligrafia (26), Kogeneracja (28), ECHO (29), Prosper (30), Eldorado (31), Krosno (32), Bauma (33), Comarch (34), Wilbo (35), Kruszwica (36), Elektrobudowa (37), Jelfa (38), PKN Orlen (39), Kredyt Bank (40), PGF (41), Relpol (42), BRE (43), Agora (44), ComputerLand (45), Orbis SA(46), TP SA (47)

Źródło: obliczenia własne.

Analizując wyniki zawarte w tab. 3, można stwierdzić, że wyniki przeprowadzonej klasyfikacji na podstawie przynależności do klasy atrakcyjne różni się nieznacznie od wyników pogrupowania na spółki atrakcyjne nieatrakcyjne i niepewne. Jeśli uznamy, że atrakcyjne spółki są najlepsze, kolejne są spółki niepewne, a na końcu znajdują się spółki nieatrakcyjne można zbadać zgodność klasyfikacji z przeprowadzonym grupowaniem.

Tabela 4. Badanie zgodności klasyfikacji spółek ze względu na ich atrakcyjność inwestycyjną

	Liczba przypadków	Liczba spółek	Stopień zgodności
Spółki atrakcyjne	1	12	91,7%
Spółki niepewne	3	11	72,7%
Spółki nieatrakcyjne	4	24	83,3%
	8	47	83,0%

Źródło: obliczenia własne.

Na podstawie obliczeń zawartych w tab. 4 można stwierdzić, że klasyfikacja spółek jest zgodna z ich grupowaniem w 83%. Najbardziej zgodna grupa spółek to spółki atrakcyjne inwestycyjnie (91,7%), a najmniej zgodna – spółki niepewne (72,7%). Średnia wartość bezwzględna niezgodności rang wyniosła 0,3 rangi na spółkę. Można zatem uznać, że klasyfikacja w dużym stopniu eliminuje efekt łamania zasady przechodniości preferencji. Taką zgodność można również zbadać przez współczynnik korelacji rang. W tym wypadku wyniósł on (0,998). Oznacza to wysoką zgodność klasyfikacji.

Na zakończenie badania klasyfikacji spółek na podstawie dwóch zmiennych diagnostycznych należy przeanalizować wartości wskaźnika *W*. W omawianym przypadku spółki o wartościach wskaźnika mniejszych lub równych wartości odchylenia standardowego stanowiły 46,8% wszystkich badanych spółek.

W kolejnym badaniu przeanalizowano klasyfikację spółek giełdowych na podstawie siedmiu zmiennych objaśniających. Wyniki klasyfikacji przedstawia tab. 5. W tych klasyfikacjach otrzymane wyniki różnią się bardziej od wyników otrzymanych po zastosowaniu dwóch zmiennych diagnostycznych. Jedynie 3 spółki na 47 spółek mają zgodne pozycje w obu klasyfikacjach (stanowi to 6,83% wszystkich spółek). Wartość współczynnika korelacji rang Spearmana wyniosła dla tego przypadku 0,623. Oznacza to, że klasyfikacja oparta na siedmiu zmiennych diagnostycznych jest mniej dokładna od klasyfikacji opartej na dwóch zmiennych.

Tabela 5. Klasyfikacja spółek ze względu na ich atrakcyjność i nieatrakcyjność w przypadku siedmiu zmiennych diagnostycznych (pierwsze i ostatnie cztery spółki w klasyfikacji)

Spółka	Stopień przynależności do zbioru atrakcyjnych	Stopień przynależności do zbioru nieatrakcyjnych	Ranga 1	Ranga 2
ComputerLand	46,2%	27,5%	1	36
Mieszko	42,2%	30,3%	2	23
Orbis SA	41,4%	29,1%	3	30
KGHM	40,7%	24,6%	4	45
...	...	...	...	...
Amica	27,0%	55,3%	44	3
Budimex	26,9%	54,8%	45	4
Prosper	26,5%	58,2%	46	2
Elektrobudowa	25,6%	58,4%	47	1

Źródło: obliczenia własne.

Tabela 6. Klasy spółek giełdowych wraz z rangami (w nawiasach) na podstawie stopnia przynależności do klasy „atrakcyjne”

Spółki atrakcyjne	ComputerLand (1), Mieszko (2), Orbis (3), KGHM (4), Kęty (5), Echo (6), TPSA (7), Rolimpex (8), Eldorado (9), Comarch (10), Forte (12), Duda (13), Millenium (15)
Spółki niepewne	Unimil (14), Agora (16), Świecie (17), Stomil (18), Groclin (19), Farmacol (20), Jelfa (21), Krosno (22), Telmax (23), BZWBK (24), Dębica (25), Pekao (26), Polfa Kutno (27), LPP (29), Prokom (31), ING BSK (32), BPHPBK (39)
Spółki nieatrakcyjne	PKN Orlen (11), BRE (28), Sanok (30), Kredyt Bank (33), Relpol (34), PGF (35), Kruszwica (36), Bauma (37), Poligrafia (38), Wilbo (40), Kogeneracja (41), Okocim (42), Cersanit (43), Amica (44), Budimex (45), Prosper (46), Elektrobudowa (47)

Źródło: obliczenia własne.

Wyniki otrzymane po zastosowaniu do grupowania siedmiu zmiennych diagnostycznych cechuje nieznacznie większe zróżnicowanie niż wyniki przedstawione w tab. 4. Potwierdzeniem tego są wyniki analizy zgodności klasyfikacji z grupowaniem, zawarte w tab. 7.

Tabela 7. Badanie zgodności klasyfikacji spółek ze względu na ich atrakcyjność inwestycyjną

	Liczba przypadków	Liczba spółek	Stopień zgodności
Spółki atrakcyjne	1	13	92,3%
Spółki niepewne	3	17	82,4%
Spółki nieatrakcyjne	4	17	76,5%
	8	47	83,0%

Źródło: obliczenia własne.

Na podstawie obliczeń przedstawionych w tab. 6 można stwierdzić, że klasyfikacja spółek jest zgodna z ich grupowaniem w 83%, podobnie jak w przypadku dwóch zmiennych. Najbardziej zgodna grupa spółek to spółki atrakcyjne inwestycyjnie – 91,7%, natomiast najmniej zgodna to spółki nieatrakcyjne inwestycyjnie – 76,5%. Średnia wartość bezwzględna niezgodności rang wyniosła 0,3 rangi na spółkę (podobnie jak w tab. 4). Wartość zgodności klasyfikacji, wyznaczona za pomocą współczynnika korelacji rang Spearmana, wyniosła 0,797. Na podstawie obu tabel można zatem stwierdzić, że klasyfikacja rozmyta w dużym stopniu eliminuje efekt łamania zasady przechodniości preferencji. Jednocześnie wzrost liczby zmiennych diagnostycznych znacznie komplikuje proces decyzyjny (powoduje zmniejszenie zgodności klasyfikacji).

Podsumowując klasyfikację rozmytą przeprowadzoną na podstawie siedmiu zmiennych diagnostycznych, należy podać wartość współczynnika W dla klasyfikacji. W analizowanym przypadku wynosi ona 38,3%. Potwierdza to wyniki otrzymane w wyniku klasyfikacji ze względu na atrakcyjność i nieatrakcyjność (tab. 5). Można przypuszczać, że wzrost liczby zmiennych diagnostycznych powoduje mniejszą przejrzystość klasyfikacji.

Na koniec krótko zostaną przedstawione wyniki porównania klasyfikacji dla dwóch i siedmiu zmiennych diagnostycznych. Spośród 47 analizowanych spółek giełdowych 21 wskazało w obu analizowanych przypadkach ten sam wynik, co stanowi 44,7% zgodności obu klasyfikacji. Biorąc pod uwagę to, że w przypadku siedmiu zmiennych nie zastosowano żadnego systemu wag, trudno jest wnioskować, że wyniki obu klasyfikacji są w takim stopniu zbieżne ze względu na stopę zwrotu i ryzyko. Należy jednak podkreślić, że wartość współczynnika korelacji T_{xy} Czuprowa wyniosła 0,323, co świadczy o niewielkim związku między analizowanymi klasyfikacjami.

5. Wnioski końcowe

Wnioski z przeprowadzonych analiz można przedstawić w następujących punktach:

1. Klasyfikacja rozmyta jest narzędziem, które znacznie eliminuje efekt łamania zasady przechodniości preferencji.
2. Klasyfikacja rozmyta wskazuje inwestorowi, w jakim stopniu analizowane spółki są związane ze zbiorami rozmytymi spółek atrakcyjnych, nieatrakcyjnych i niepewnych.
3. Przezrystość klasyfikacji maleje wraz ze wzrostem liczby zmiennych diagnostycznych użytych w badaniu. Wniosek ten jest logicznie powiązany z procesem podejmowania decyzji inwestycyjnych przez inwestora indywidualnego, który w miarę otrzymywania coraz większej ilości informacji o spółkach, uznaje podjęcie decyzji inwestycyjnej za coraz trudniejsze.
4. Podejmowanie decyzji inwestycyjnych na podstawie informacji pochodzących z klasyfikacji rozmytych, opartych na dwóch i siedmiu zmiennych, jest zbieżne w prawie 50%.

Literatura

- Jajuga K., *Statystyczna teoria rozpoznawania obrazów*, Biblioteka Ekonometryczna, PWN, Warszawa 1990.
- Majewski S., *Zastosowanie logiki rozmytej do klasyfikacji spółek ze względu na stopę zwrotu i ryzyko*, „Przegląd Statystyczny” 1998, nr 4.
- Piegat A., *Modelowanie i sterowanie rozmyte*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT.
- Tarczyński W., *Fundamentalny portfel papierów wartościowych*, PWE, Warszawa 2002.
- Zaleśkiewicz T., *Psychologia inwestora giełdowego. Wprowadzenie do behawioralnych finansów*, Gdańsk 2003.

USING FUZZY CLUSTERING FOR CLASSIFICATION OF STOCKS BY INVESTMENT ATTRACTIVENESS CRITERIA

Summary

The investment attractiveness of stocks was described by the value of the membership function, which means a degree of belief that pointed stock belongs to the one of three sets: “attractive” stocks, “non-attractive” stocks and stocks from the uncertain area. The analysis was based on two-dimensional and seven-dimensional characteristics of objects. The weekly data from 2002 year were used in the research. The fuzzy c-means method was used to classification of stocks. In the case of using fuzzy clustering for classification of stocks investor has more comfortable information to making investment decisions.