

Agnieszka Rossa^{*}

ZASTOSOWANIE NIESTANDARDOWYCH METOD ILOŚCIOWYCH DO SEGMENTACJI OTWARTYCH FUNDUSZY EMERYTALNYCH

Słowa kluczowe: analiza skupień; macierz incydencji; efektywność otwartych funduszy emerytalnych.

1. Wprowadzenie

Otwarte fundusze emerytalne należą do podstawowych podmiotów systemu emerytalnego, obowiązującego w Polsce od czasu reformy emerytalnej w latach 1998/99. Obecny system emerytalny ma charakter repartycyjno-kapitałowy. Opiera się na trzech filarach:

- I FILAR – część systemu emerytalnego o charakterze repartycyjnym, obowiązkowym, administrowanym przez Państwo za pośrednictwem ZUS/FUS;
- II FILAR – część kapitałowa o charakterze powszechnym¹, gromadzona w otwartych funduszach emerytalnych, zarządzanych przez podmioty prywatne PTE;
- III FILAR – filar kapitałowy, dobrowolny, zarządzany przez prywatne podmioty, z reguły w formie tzw. pracowniczych programów emerytalnych tworzonych przez pracodawców.

Obowiązkiem otwartych funduszy emerytalnych jest inwestowanie składek emerytalnych członków funduszy w sposób zapewniający maksymalny stopień bezpieczeństwa i zyskowności dokonywanych lokat, przy czym przepisy ustawy określają tzw. limity inwestycyjne, w tym rodzaj i ilość instrumentów finansowych, z których mogą składać się portfele inwestycyjne funduszy. Limity te zależą od stopnia ryzyka związanego z poszczególnymi instrumentami.

^{*} Dr. hab., prof. nadzw. UŁ, Zakład Demografii i Gerontologii Społecznej, Uniwersytet Łódzki.

¹ Do tej części systemu należą wszystkie osoby objęte ubezpieczeniem, społecznym urodzone po 31 grudnia 1968 r. Osoby urodzone przed 1 stycznia 1969 r. i po 31 grudnia 1948 r. mogły dobrowolnie przystąpić do części kapitałowej lub też pozostać tylko w filarze I. Osoby, które obowiązkowo powinny należeć do funduszu, a nie wybrały w odpowiednim czasie żadnego z nich, są przydzielane przez ZUS do losowo wybranego funduszu.

Obecnie na polskim rynku OFE funkcjonuje 14 otwartych funduszy emerytalnych:

1. AEGON OFE,
2. Allianz Polska OFE,
3. Amplico OFE²,
4. Aviva OFE Aviva BZ WBK²,
5. AXA OFE,
6. Generali OFE,
7. ING OFE,
8. Nordea OFE,
9. Pekao OFE,
10. PKO BP Bankowy OFE²,
11. OFE Pocztylion,
12. OFE POLSAT,
13. OFE PZU „Złota Jesień”,
14. OFE WARTA.

W dalszych rozważaniach stosowane będą następujące oznaczenia funduszy: AEGON, Allianz Polska, Amplico, Aviva, AXA, Generali, ING, Nordea, Pekao, PKO Bankowy, Pocztylion, POLSAT, PZU „Złota Jesień”, WARTA.

Podstawowymi miarami efektywności inwestycyjnej OFE są stopy zwrotu (por. Adamiec, 2008). Stopa zwrotu jest obliczana jako względna zmiana wartości rynkowej jednostki rozrachunkowej (jednostki uczestnictwa) w określonym czasie. Z kolei wartość jednostki rozrachunkowej wyznaczana jest jako iloraz wartości aktywów netto do liczby jednostek rozrachunkowych posiadanych przez fundusz.

W początkach funkcjonowania nowego systemu każdy fundusz emerytalny zaczynał z wartością jednostki rozrachunkowej na poziomie 10 zł. Przyrost względny wartości początkowej do chwili bieżącej jest określany mianem „stopy zwrotu od początku działalności”. Oprócz tego Komisja Nadzoru Finansowego publikuje stopy zwrotu w krótszych okresach, np. dla 36, 24, 12 i 6 ostatnich miesięcy.

Wśród mierników charakteryzujących efektywność inwestycyjną OFE rozważa się niekiedy także maksymalną wartość jednostki uczestnictwa wypracowaną przez fundusz w okresie działalności oraz stan hipotetycznego konta. Stan hipotetycznego konta został zdefiniowany w tym opracowaniu jako wartość rynkowa konta hipotetycznego klienta, na który od początku działalności funduszu do marca 2011 wpływała miesięczna składka w wysokości 100 zł, indeksowana comiesięczną zmianą wynagrodzenia w sektorze przedsiębiorstw.

Oprócz efektywności inwestycyjnej, ważnym elementem oceny działalności otwartych funduszy emerytalnych jest poziom ryzyka związany z inwestowa-

² Nazwy funduszy aktualne na dzień 31 grudnia 2009 r.

niem. Adekwatnymi miarami ryzyka inwestycji jest np. odchylenie standardowe dziennych stóp zwrotu lub dziennych fluktuacji wartości jednostki uczestnictwa (por. Di Matteo *et al.*, 2004).

W opracowaniu przedstawimy próbę segmentacji 14 funkcjonujących obecnie otwartych funduszy emerytalnych ze względu na wybrane mierniki finansowej efektywności i ryzyka. Dane źródłowe pochodzą ze strony internetowej Komisji Nadzoru Finansowego (www.knf.gov.pl).

Struktura artykułu jest następująca. Sekcja 2 prezentuje dane empiryczne stanowiące punkt wyjścia do zastosowanej metody segmentacji oraz ogólną charakterystykę 14 otwartych funduszy emerytalnych. Teoretyczne podstawy metody segmentacji, odwołujące się do własności tzw. macierzy asocjacji i macierzy incydencji, przybliżone zostały w paragrafie 3. W sekcji 4 zaprezentowane zostały wyniki analizy.

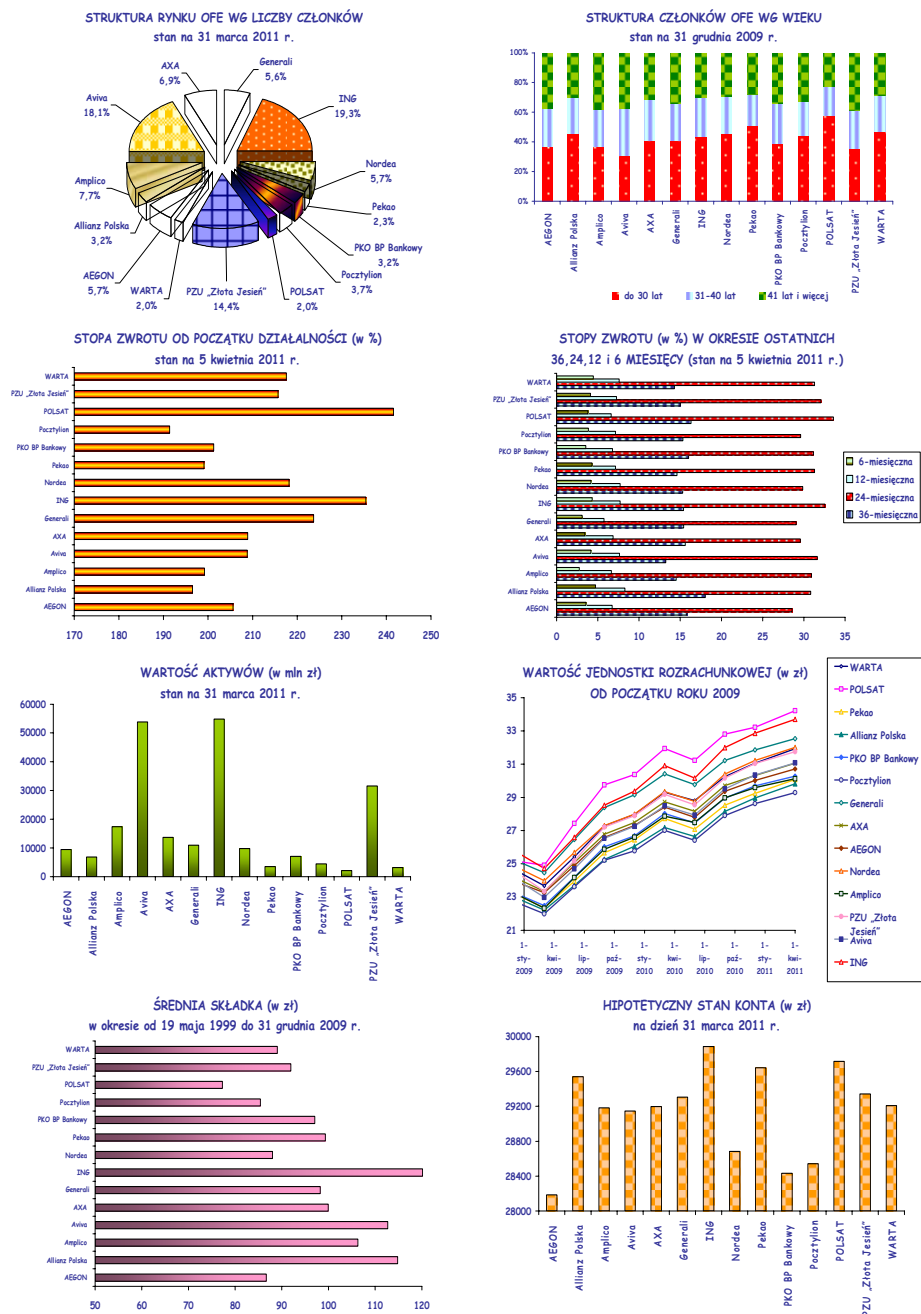
2. Ogólna charakterystyka otwartych funduszy emerytalnych

Wybrane charakterystyki 14 otwartych funduszy emerytalnych przedstawione zostały na rysunku 1, natomiast mierniki wykorzystane w procedurze segmentacji zamieszczono w tabelicy 1.

Tab. 1. Wartości podstawowych miar efektywności i ryzyka inwestycji OFE

Nazwa funduszu (w porządku alfabetycznym)	Stopa zwrotu od początku działalno- ści (5.04.2011)	36- miesięczna stopa zwrotu (5.04.2011)	24- miesięczna stopa zwrotu (5.04.2011)	12- miesięczna stopa zwrotu (5.04.2011)	6- miesięczna stopa zwrotu (5.04.2011)	Hipotetyczny stan konta w zł (31.03.2011)	Maksymalna wartość jednostki uczestnictwa wypracowana przez fundusz (22.04.2011)	Odchylenie standardowe dziennych fluktuacji wartości j.u. od początku działalności (22.04.2011)
AEGON	205,6	15,8	28,57	6,74	3,56	28185	30,73	0,085
Allianz Polska	196,5	18,03	30,85	8,29	4,73	29539	29,82	0,080
Amplico	199,2	14,5	30,94	6,63	2,75	29182	30,12	0,082
Aviva	208,8	13,24	31,63	7,63	4,15	29147	31,09	0,090
AXA	208,9	15,61	29,57	6,85	3,41	29196	31,06	0,084
Generali	223,7	15,4	29,07	5,75	3,09	29307	32,54	0,089
ING	235,4	15,38	32,57	7,71	4,32	29886	33,72	0,101
Nordea	218,2	15,29	29,88	7,72	4,16	28684	32,01	0,089
Pekao	199,1	14,6	31,30	7,13	4,29	29643	30,09	0,083
PKO Bankowy	201,3	16,02	31,17	6,77	3,54	28432	30,28	0,092
Pocztalio	191,4	15,31	29,63	7,13	3,85	28541	29,31	0,082
POLSAT	241,6	16,31	33,59	6,62	3,80	29717	34,61	0,102
PZU „Złota Jesień”	215,7	15,01	32,09	7,27	4,09	29343	31,77	0,093
WARTA	217,6	14,29	31,29	7,59	4,44	29208	31,95	0,092

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych KNF (www.knf.gov.pl).



Rysunek 1. Wybrane charakterystyki otwartych funduszy emerytalnych
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych KNF (www.knf.gov.pl).

Przyglądając się strukturze rynku OFE pod względem liczby członków lub też wielkości aktywów poszczególnych funduszy (wg stanu na koniec marca 2011 r.), łatwo zauważyć, że w obu przypadkach wiodącymi funduszami emerytalnymi są: ING, Aviva oraz PZU „Złota Jesień”. Ich łączny udział w rynku wynosi ponad 61% pod względem wartości aktywów oraz ok. 52% pod względem liczby członków. Wymienione fundusze charakteryzują się relatywnie wysokimi stopami zwrotu w okresie ostatnich 24 miesięcy i jednocześnie przeciętną lub też relatywnie niską 36-miesięczną stopą zwrotu (wg danych z dnia 5 kwietnia 2011 r.). ING wyróżnia się jedną z wyższych – w stosunku do innych funduszy – wartością rynkową jednostki rozrachunkowej, wysoką stopą zwrotu od początku działalności, najwyższym stanem hipotetycznego konta oraz najwyższym poziomem średniej składki. Specyficzną cechą funduszy Aviva oraz PZU „Złota Jesień” jest z kolei niski udział członków należących do młodszej grupy wieku, zdefiniowanej jako grupa wieku do 30 lat (wg danych na koniec roku 2009). Struktura wieku członków obu funduszy przekłada się w pewnym stopniu na niektóre charakterystyki finansowe. Na przykład, PZU „Złota Jesień” charakteryzuje się stosunkowo niskim poziomem średniej składki (tj. niższym niż przeciętny), natomiast Aviva przeciętnym stanem hipotetycznego konta.

Z przedstawione ogólnej charakterystyki wynika, że trzy wiodące pod względem udziału w rynku fundusze emerytalne różnią się dość wyraźnie z punktu widzenia efektów finansowych ich działalności. Efekty te będą przedmiotem dalszych analiz, zaprezentowanych w następnych paragrafach.

3. Metoda segmentacji oparta na macierzy asocjacji

Punktem wyjścia do zastosowanej metody segmentacji jest macierz podobieństw wyznaczona w odniesieniu do analizowanego zbioru obiektów (funduszy). Elementy d_{ij} macierzy zdefiniowane zostały wzorem:

$$d_{ij} = 1 - \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s (x_{ki} - x_{kj})^2,$$

gdzie s oznacza liczbę zmiennych (tj. analizowanych charakterystyk), natomiast x_{ki} , x_{kj} oznaczają wartości k -tej zmiennej odpowiednio dla i -tego oraz j -tego obiektu. Aby uniknąć efektu skali, zakładamy dodatkowo, że wszystkie zmienne zostały uprzednio znormalizowane przez zastosowanie przekształcenia:

$$x_k = \frac{z_k - \min z_k}{\max z_k - \min z_k},$$

gdzie z_k oznacza k -tą zmienną przed normalizacją, natomiast symbole $\min z_k$, $\max z_k$ reprezentują odpowiednio – wartość minimalną i wartość maksymalną cechy z_k w badanym zbiorze obiektów.

Macierz podobieństw wyznaczoną dla zbioru 14 funduszy OFE prezentuje tablica 2.

W procedurze segmentacji odwołamy się do twierdzeń sformułowanych dla tzw. macierzy asocjacji (Xu *et al.*, 2008).

Macierz kwadratową $\mathbf{A}$ nazywamy macierzą asocjacji, jeśli jej elementy a_{ij} spełniają następujące warunki:

- $0 \leq a_{ij} \leq 1$,
- $a_{ij} = 1$ wtedy i tylko wtedy, gdy $i = j$,
- $a_{ij} = a_{ji}$.

Podane warunki spełnia także macierz podobieństw zamieszczona w tablicy 2, a więc macierz ta jest również macierzą asocjacji.

Macierz asocjacji stanowi klucz do wyodrębnienia skupień obiektów. Korzysta się tu z twierdzenia dotyczącego złożenia macierzy $\mathbf{A}^2 = \mathbf{A} \circ \mathbf{A}$, gdzie $\mathbf{A}$ jest dowolną macierzą asocjacji o wymiarach $N \times N$ (Xu *et al.*, 2008).

Niech elementy a_{ij}^2 macierzy $\mathbf{A}^2$ będą zdefiniowane następująco:

$$a_{ij}^2 = \max_k \left\{ \min(a_{ik}, a_{kj}) \right\}, \quad i, j = 1, 2, \dots, N.$$

Tak określona macierz $\mathbf{A}^2$ jest macierzą asocjacji.

Co więcej, złożenie $\mathbf{A}^k \circ \mathbf{A}^k$ uzyskane na podstawie macierzy asocjacji $\mathbf{A}^k$, daje w rezultacie także macierz asocjacji. Ponadto, dla ciągu złożań $\mathbf{A} \rightarrow \mathbf{A}^2 \rightarrow \mathbf{A}^4 \rightarrow \dots \mathbf{A}^{2^s} \rightarrow \dots$ istnieje takie $k = 2^s$, dla którego $\mathbf{A}^{2^s} = \mathbf{A}^{2^{(s+1)}}$, co oznacza, że od pewnego momentu kolejne złożenia macierzy nie zmieniają wartości jej elementów. Macierz taką nazwiemy *graniczną macierzą asocjacji* i oznaczmy symbolem $\tilde{\mathbf{A}}$, natomiast jej elementy symbolem $\tilde{a}_{ij}$.

Rezultaty przedstawionej procedury wyznaczania granicznej macierzy asocjacji, uzyskane w relacji do macierzy podobieństw (por. tablica 2) prezentuje tablica 3.

Tablica 2. Macierz podobieństw

	AEGON	Allianz Polska	Amplico	Aviva	AXA	Generali	ING	Nordea	Pekao	PKO Bankowy	Pocztylion	POLSAT	PZU „Złota Jesień”	WARTA
AEGON	1,000	0,763	0,892	0,845	0,948	0,883	0,613	0,931	0,838	0,951	0,959	0,567	0,839	0,841
Allianz Polska	0,763	1,000	0,747	0,807	0,841	0,642	0,676	0,841	0,899	0,797	0,855	0,536	0,831	0,826
Amplico	0,892	0,747	1,000	0,882	0,960	0,889	0,644	0,847	0,909	0,916	0,921	0,615	0,869	0,831
Aviva	0,845	0,807	0,882	1,000	0,910	0,816	0,849	0,944	0,953	0,902	0,887	0,745	0,971	0,982
AXA	0,948	0,841	0,960	0,910	1,000	0,943	0,753	0,940	0,936	0,938	0,943	0,704	0,922	0,906
Generali	0,883	0,642	0,889	0,816	0,943	1,000	0,755	0,865	0,818	0,867	0,805	0,779	0,868	0,839
ING	0,613	0,676	0,644	0,849	0,753	0,755	1,000	0,838	0,776	0,729	0,588	0,951	0,927	0,916
Nordea	0,931	0,841	0,847	0,944	0,940	0,865	0,838	1,000	0,897	0,927	0,907	0,751	0,948	0,967
Pekao	0,838	0,899	0,909	0,953	0,936	0,818	0,776	0,897	1,000	0,886	0,918	0,673	0,941	0,933
PKO Bankowy	0,951	0,797	0,916	0,902	0,938	0,867	0,729	0,927	0,886	1,000	0,944	0,705	0,919	0,893
Pocztylion	0,959	0,855	0,921	0,887	0,943	0,805	0,588	0,907	0,918	0,944	1,000	0,494	0,851	0,852
POLSAT	0,567	0,536	0,615	0,745	0,704	0,779	0,951	0,751	0,673	0,705	0,494	1,000	0,871	0,824
PZU „Złota Jesień”	0,839	0,831	0,869	0,971	0,922	0,868	0,927	0,948	0,941	0,919	0,851	0,871	1,000	0,987
WARTA	0,841	0,826	0,831	0,982	0,906	0,839	0,916	0,967	0,933	0,893	0,852	0,824	0,987	1,000

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych tablicy 1.

Procedura wyodrębniania skupień obiektów odwołuje się do granicznej macierzy asocjacji $\tilde{\mathbf{A}}$ i polega na wyznaczeniu tzw. macierzy incydencji $\tilde{\mathbf{C}}_\lambda$ korespondującej z $\tilde{\mathbf{A}}$. Elementy c_{ij} macierzy $\tilde{\mathbf{C}}_\lambda$ przyjmują wartości 0 lub 1 i są określone wg następującej zasady:

$$c_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{dla } \tilde{a}_{ij} > \lambda, \\ 0, & \text{dla } \tilde{a}_{ij} \leq \lambda, \end{cases}$$

gdzie $\lambda \in (0,1)$ jest założonym z góry punktem odcięcia³.

Etykiety identycznych wierszy (lub kolumn) macierzy $\tilde{\mathbf{C}}_\lambda$ wskazują, które obiekty (jednostki badania) należy zaliczyć do wspólnego skupienia⁴.

W celu przekształcenia macierzy asocjacji (tablica 3) na macierz incydencji, przyjmujemy punkt odcięcia λ o wartości 0,951. Uzyskaną macierz prezentuje tablica 4.

Obserwując wiersze (względnie kolumny) tablicy 4, zauważymy, że występują w niej grupy wierszy (kolumn) o identycznych składowych, wskazujące na wyodrębniające się skupienia, a mianowicie:

- skupienie I, jednoelementowe: Allianz Polska,
- skupienie II, jednoelementowe: Generali,
- skupienie III, dwuelementowe: ING, POLSAT,
- skupienie IV, dwuelementowe: Amplico, AXA,
- skupienie V w składzie: AEGON, PKO Bankowy, Pocztylion,
- skupienie VI: Aviva, Nordea, Pekao, PZU „Złota Jesień”, WARTA.

³ Optymalny punkt odcięcia λ wyznacza się zwykle eksperymentalnie.

⁴ Przykład zastosowania analogicznego algorytmu wyodrębniania skupień opartego na intuicjonistycznych zbiorach rozmytych znaleźć można w pracy Xu *et al.*, 2008.

Tablica 3. Graniczna macierz asocjacji

	AEGON	Allianz Polska	Amplico	Aviva	AXA	Generali	ING	Nordea	Pekao	PKO Bankowy	Pocztylion	POLSAT	PZU „Złota Jesień”	WARTA
AEGON	1,000	0,899	0,948	0,940	0,948	0,943	0,927	0,940	0,940	0,951	0,959	0,927	0,940	0,940
Allianz Polska	0,899	1,000	0,899	0,899	0,899	0,899	0,899	0,899	0,899	0,899	0,899	0,899	0,899	0,899
Amplico	0,948	0,899	1,000	0,940	0,960	0,943	0,927	0,940	0,940	0,948	0,948	0,927	0,940	0,940
Aviva	0,940	0,899	0,940	1,000	0,940	0,940	0,927	0,967	0,953	0,940	0,940	0,927	0,982	0,982
AXA	0,948	0,899	0,960	0,940	1,000	0,943	0,927	0,940	0,940	0,948	0,948	0,927	0,940	0,940
Generali	0,943	0,899	0,943	0,940	0,943	1,000	0,927	0,940	0,940	0,943	0,943	0,927	0,940	0,940
ING	0,927	0,899	0,927	0,927	0,927	0,927	1,000	0,927	0,927	0,927	0,927	0,951	0,927	0,927
Nordea	0,940	0,899	0,940	0,967	0,940	0,940	0,927	1,000	0,953	0,940	0,940	0,927	0,967	0,967
Pekao	0,940	0,899	0,940	0,953	0,940	0,940	0,927	0,953	1,000	0,940	0,940	0,927	0,953	0,953
PKO Bankowy	0,951	0,899	0,948	0,940	0,948	0,943	0,927	0,940	0,940	1,000	0,951	0,927	0,940	0,940
Pocztylion	0,959	0,899	0,948	0,940	0,948	0,943	0,927	0,940	0,940	0,951	1,000	0,927	0,940	0,940
POLSAT	0,927	0,899	0,927	0,927	0,927	0,927	0,951	0,927	0,927	0,927	0,927	1,000	0,927	0,927
PZU „Złota Jesień”	0,940	0,899	0,940	0,982	0,940	0,940	0,927	0,967	0,953	0,940	0,940	0,927	1,000	0,987
WARTA	0,940	0,899	0,940	0,982	0,940	0,940	0,927	0,967	0,953	0,940	0,940	0,927	0,987	1,000

Źródło: Opracowanie własne.

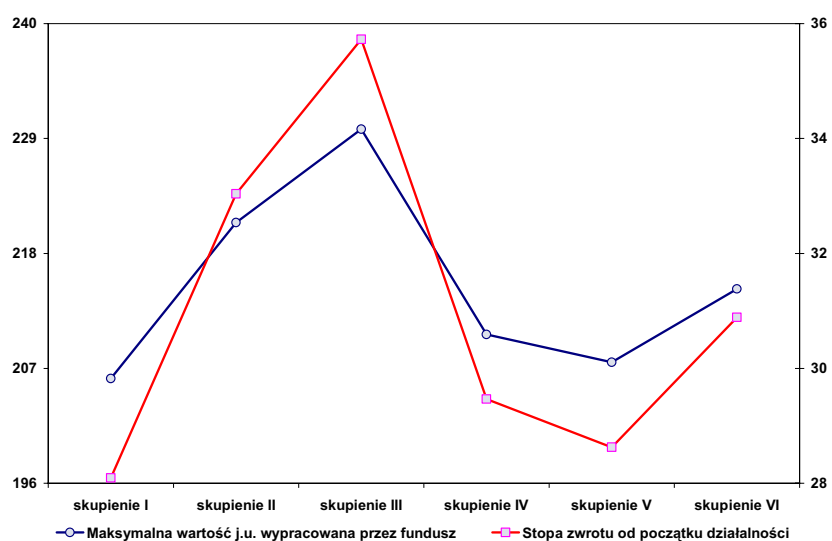
Tablica 4. Macierz inycjencji

	AEGON	Allianz Polska	Amplico	Aviva	AXA	Generali	ING	Nordea	Pekao	PKO Bankowy	Pocztylion	POLSAT	PZU „Złota Jesień”	WARTA
AEGON	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Allianz Polska	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amplico	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aviva	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
AXA	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Generali	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ING	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Nordea	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
Pekao	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
PKO Bankowy	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Pocztylion	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
POLSAT	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
PZU „Złota Jesień”	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
WARTA	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1

Źródło: Opracowanie własne.

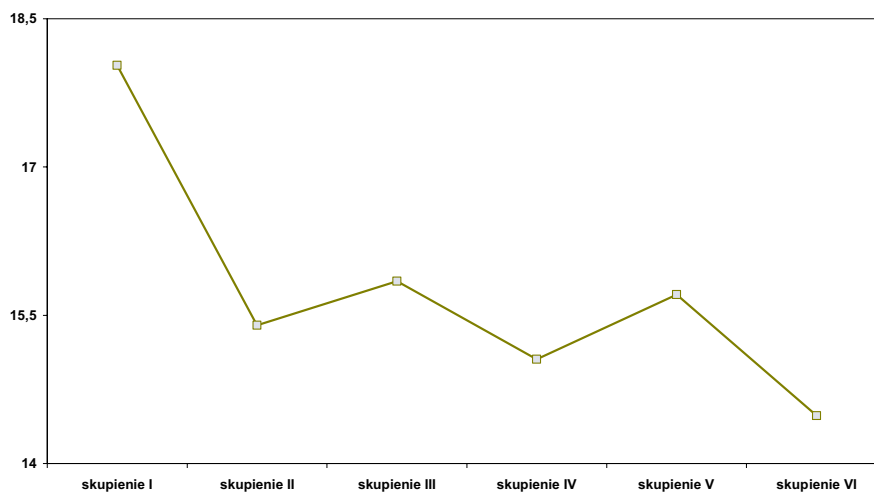
4. Charakterystyka graficzna wyodrębnionych skupień

Charakterystyka poszczególnych skupień opierać się będzie głównie na porównaniu wartości średnich poszczególnych cech w wyodrębnionych skupieniach. Zostały one zilustrowane na rysunkach 2–6. Wyjątkiem są tu wartości wykreślone dla skupień I i II, odpowiadające rzeczywistym poziomom poszczególnych zmiennych (skupienia jednoelementowe).

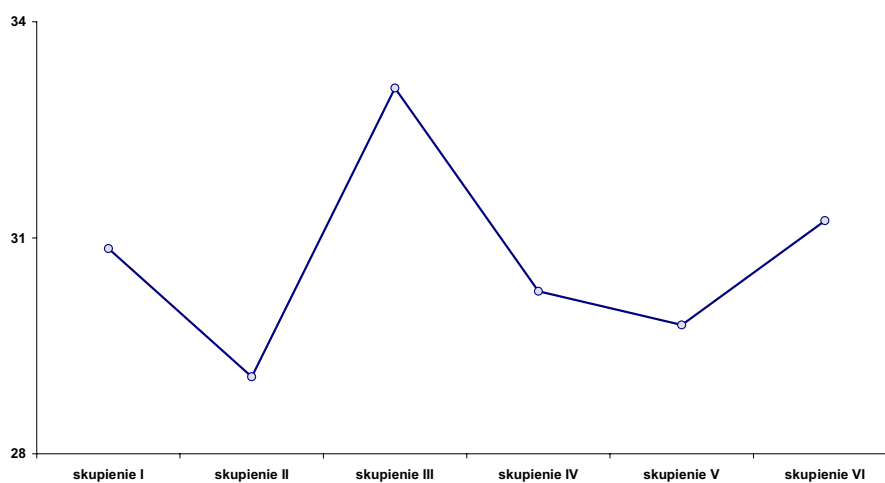


Rys. 2. Średnie stóp zwrotu od początku działalności do 22.04.2011
(w % - lewa oś układu współrzędnych) oraz maksymalnych wartości jednostki uczestnictwa
(w zł - prawa oś układu współrzędnych)

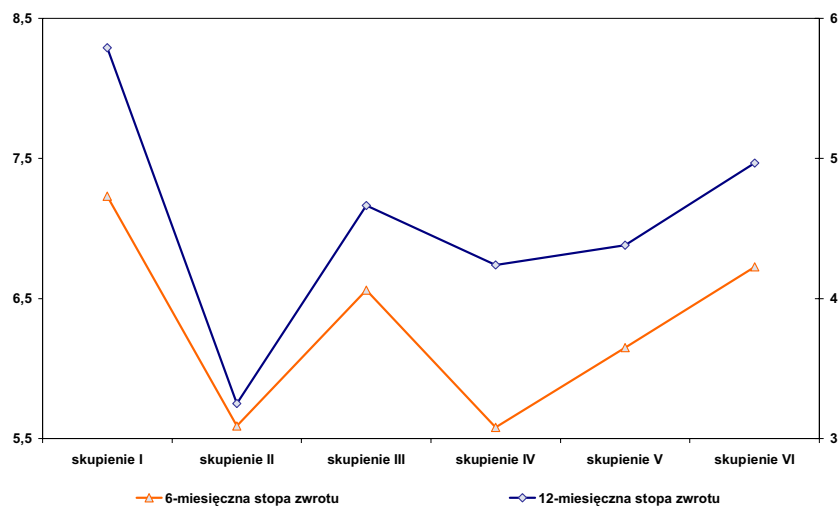
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 3. Średnia 36-miesięczna stopa zwrotu do 22.04.2011 w sześciu skupieniach (w %)
Źródło: Opracowanie własne.

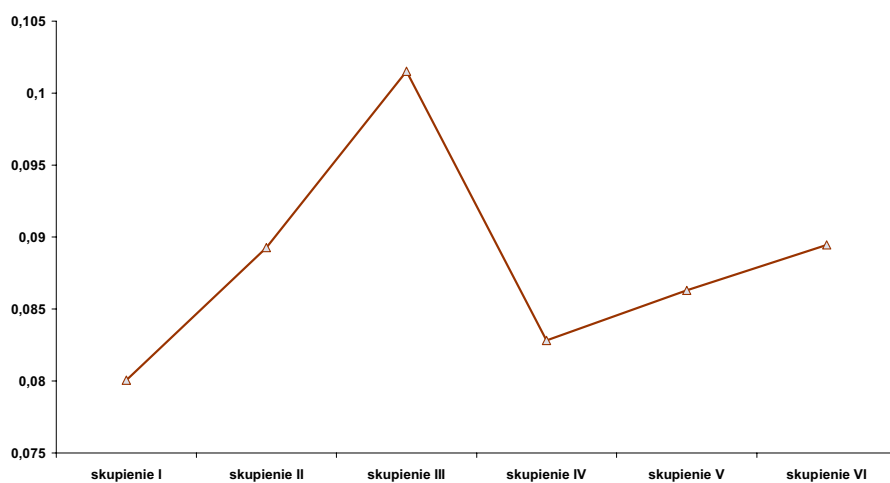


Rys. 4. Średnia 24-miesięczna stopa zwrotu do 22.04.2011 w sześciu skupieniach (w %)
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 5. Średnia 12-miesięczna stopa zwrotu (lewa oś układu współrzędnych) i 6-miesięczna stopa zwrotu (prawa oś układu współrzędnych) w sześciu skupieniach (w %)

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 6. Średnie ryzyko inwestycji wg odchylenia standardowego dziennych fluktuacji wartości jednostki uczestnictwa od początku działalności

Źródło: Opracowanie własne.

Wyodrębnione skupienia, poza skupieniami jednoelementowymi, można traktować jako grupy funduszy w miarę jednorodnych z punktu widzenia analizowanych mierników efektywności i ryzyka inwestycji. Na przykład, fundusze zaliczone do skupienia III wyróżniają się relatywnie wysokimi stopami zwrotu i jednocześnie wysokim poziomem ryzyka inwestycji. Przeciwnieństwem do nich są fundusze zaliczone do skupienia IV i skupienia V, charakteryzujące się odwrotnymi właściwościami (wyjątkiem jest tu poziom 36-miesięcznej stopy zwrotu, która w skupieniu V kształtowała się na relatywnie wysokim poziomie).

Literatura

- Adamiec J., 2008, *Efektywność oszczędzania w otwartych funduszach emerytalnych (OFE)*, Analizy Biura Analiz Sejmowych, nr 5, s. 1–5 (www.bas.sejm.gov.pl).
- Di Matteo T., Aste T., Mantegna R. N., 2004, *An interest rates cluster analysis*, Physica A., vol. 339, s. 181–188.
- Staniec I., Chybalski F., 2010, *Wykorzystanie statystycznej analizy danych do tworzenia grup strategicznych wśród Otwartych Funduszy Emerytalnych*, Taksonomia „Klasyfikacja i analiza danych –teoria i zastosowania”, nr 17, s. 268–275.
- Xu Z., Chen J., Wu J., 2008, *Clustering algorithm for intuitionistic fuzzy sets*, Information Sciences, vol. 178, s. 3775–3790.

Abstract

The paper presents results of cluster analysis based on some financial risk and efficiency parameters with respect to 14 open pension funds in Poland. The segmentation procedure is based on the properties of association and incidence matrices. Some theoretical aspects of the cluster procedure are presented.