Urszula Gierałtowska

Możliwości wykorzystania funkcji dyskryminacyjnej na polskim rynku kapitałowym

Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania 9, 537-551

2008

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

MUZEUM HISTORII POLSKI

STUDIA I PRACE WYDZIAŁU NAUK EKONOMICZNYCH I ZARZĄDZANIA NR 9

URSZULA GIERAŁTOWSKA

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA FUNKCJI DYSKRYMINACYJNEJ NA POLSKIM RYNKU KAPITAŁOWYM

Wprowadzenie

Jednym z kluczowych elementów każdego systemu gospodarczego jest rynek finansowy. Istotnym warunkiem jego rozwoju jest umiejętność przewidywania kierunków i ilościowych zmian rynku, jak również jego bliższego i dalszego otoczenia, oraz umiejętność podejmowania na tej podstawie prawidłowych decyzji gospodarczych. Gwałtowny rozwój rynku kapitałowego i osiąganie przez niego dojrzałości rodzi potrzebę nieustannego tworzenia i doskonalenia metod badawczych, które wspomagają proces podejmowania decyzji. Złożoność problematyki, szeroka dostępność danych o wysokiej częstotliwości, bogactwo metodologii badawczych oraz różnorodność wykorzystywanych instrumentów, jak również wpływ czynników egzogenicznych oraz psychologicznych sprawia jednak, że niemożliwe staje się formułowanie uniwersalnych i ponadczasowych wniosków, które znajdą odzwierciedlenie w praktycznym funkcjonowaniu giełdy.

Podstawą decyzji inwestycyjnych jest jednak posiadane wiarygodnych i rzetelnych informacji. Klasyczna analiza wskaźnikowa generuje olbrzymią liczbę wskaźników, na podstawie których niejednokrotnie nie można jednoznacznie ocenić sytuacji ekonomiczno–finansowej spółki. Wielokrotnie implikuje to błędne decyzje inwestycyjne, które prowadzą do wyboru mało atrakcyjnych pod względem jakości inwestycyjnej aktywów finansowych. Brak jednoznacznych metod naukowych doboru najlepszych czy najskuteczniejszych wskaźników, które pozwolą na maksymalizację zawartości informacyjnej i będą kluczowe z

punktu widzenia podejmowania decyzji, sprawia, że dobór ten może być oceniony jedynie *ex post* pod kątem uzyskanych efektów inwestowania.

Logiczne postępowanie inwestora zmierzające do maksymalizacji satysfakcji sprawia zatem, że w procesie inwestycyjnym najbardziej istotną kwestią jest właściwy dobór walorów do portfela papierów wartościowych. W procesie doboru spółek do portfela nie ma metody doskonałej. Punktem wyjścia stają się metody statystyczno–ekonometryczne, które z jednej strony pozwalają na wycenę walorów, klasyfikację spółek giełdowych, a z drugiej strony pozwalają na ocenę dynamiki zmian rynku kapitałowego. Coraz częściej zauważyć można, że wielu analityków próbuje poszukiwać, adaptować i wdrażać coraz to nowsze narzędzia analityczne, które łącząc tradycyjne teorie ekonomiczne z nowoczesnymi osiągnięciami statystyki i ekonometrii, przy wykorzystaniu rozwiniętych technik komputerowych, ułatwiają podejmowanie decyzji inwestycyjnych. Rozwój techniki komputerowej, a przede wszystkim systemów przetwarzania danych, umożliwił implementację bardzo skomplikowanych metod matematyczno–ekonometrycznych. Ogólna dostępność prezentowanych metod w pakietach statystycznych i programach obliczeniowych nie wymaga od inwestora zaawansowanej wiedzy teoretycznej, a jedynie znajomości podstawowych warunków stosowania metod, identyfikacji założeń oraz interpretacji otrzymanych wyników.

W artykule, który stanowi podsumowanie prowadzonych przez autorkę prac badawczych, podjęto próbę aplikacji liniowej funkcji dyskryminacyjnej do podejmowania decyzji na rynku kapitałowym. Zasadniczym celem niniejszej pracy było zbadanie przydatności liniowej funkcji dyskryminacyjnej do klasyfikacji spółek giełdowych na polskim rynku kapitałowym, ocena stabilności oszacowanych funkcji dyskryminacyjnych, jak również ocena użyteczności funkcji dyskryminacyjnej jako procedury doboru spółek giełdowych do portfela papierów wartościowych. O użyteczności funkcji dyskryminacyjną świadczą jej liczne zastosowania w rozwiązywaniu konkretnych problemów ekonomiczno–społecznych. W polskiej praktyce gospodarczej analiza dyskryminacyjna często utożsamiana jest jedynie z modelem Altmana, którego można uznać za inicjatora wykorzystania wielokryterialnej analizy dyskryminacyjnej we wnioskowaniu o kondycji przedsiębiorstwa[1]. Funkcja dyskryminacyjna bazując na wskaźni-

[1] Por. [1] oraz materiały ze strony http://pages.stern.nyu.edu/~ealtman/Zscores.pdf

kach ekonomiczno–finansowych, pozwala uwzględnić wzajemne powiązania pomiędzy różnymi wskaźnikami, przez co dostarcza wielu cennych informacji, które nie są bezpośrednio widoczne. Model Altmana zyskał duże uznanie wśród teoretyków i praktyków gospodarczych. W miarę upływu czasu i w wyniku zmian gospodarczych doczekał się wielu modyfikacji. Altman znalazł również licznych naśladowców na całym świecie (E. Deakin, R.O. Edmister, G. Springate, J.G. Fulmer czy zespół J. Legaulta, D. Stos i J. Gajdka, A. Hołda, D. Appenzeller). Ocena kondycji przedsiębiorstw jest potrzebna nie tylko samym przedsiębiorstwom, ale również instytucjom zewnętrznym np. bankom przy określaniu zdolności kredytowej (tzw. wiarygodności ekonomicznej). Jednak zawężenie analizy dyskryminacyjnej do modelu Altmana jest zbyt daleko idącym uproszczeniem. Szerokie możliwości aplikacyjne funkcji sprawiły, że technika, która przez lata nie cieszyła się popularnością, w ostatnim czasie przeżywa swoisty renesans i znajduje zastosowanie na gruncie licznych dyscyplin ekonomicznych i pozaekonomicznych.

Istota analizy dyskryminacyjnej polega na poszukiwaniu reguł postępowania, mających na celu przyporządkowanie wielowymiarowych obiektów do jednej z wielu populacji o znanych parametrach przy możliwie minimalnych błędach klasyfikacji.[2] Jej idea polega zatem na skonstruowaniu i oszacowaniu wielowymiarowej liniowej funkcji, na podstawie której dokonać można rozróżnienia obiektów ekonomicznych.

Wybór zmiennej grupującej dokonywany jest w oparciu o analizę merytoryczną uwzględniającą specyfikę przeprowadzanego badania. Jest to jeden z ważniejszych etapów, który jest weryfikowany dopiero poprzez określenie stopnia poprawnej klasyfikacji obiektów. Zbyt mała rozróżnialność obiektów sprawia, że w badaniu należy uwzględnić inne kryterium bądź kryteria badawcze.

Selekcji zmiennych diagnostycznych dokonuje się zazwyczaj dwustopniowo. Zakładając, że każdy obiekt może być potencjalnie opisany przez nieskończenie wiele cech, wykorzystując przesłanki merytoryczne należy określić zestaw zmiennych diagnostycznych, które z punktu widzenia określonego kryterium w istotnym stopniu mogą wpływać na jakość przeprowadzanej klasyfikacji. Tak wyodrębniony zestaw zmiennych diagnostycznych poddaje się redukcji

[2] Por. [3].

przy wykorzystaniu metod statystycznych. W literaturze postuluje się, aby w analizie dyskryminacyjnej na jedną zmienną niezależną przypadało od 15 do 20 obserwacji. Należy również ustalić liczbę obserwacji dla każdej grupy – najmniej liczna grupa powinna zawierać więcej obserwacji niż wynosi liczba zmiennych niezależnych. W praktyce sugeruje się, aby w każdej grupie było więcej niż 20 obserwacji, ale jednocześnie nie występowały zbyt duże różnice w liczebności obserwacji między grupami.[3]

W pracy wykorzystano informacje o spółkach giełdowych notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie. W pracy przedstawiono jedynie analizę, którą przeprowadzono za lata 2001–2003 w ujęciu rocznym i kwartalnym. Uzyskane wyniki nie odbiegają znacznie od wyników badań, które przeprowadzono we wcześniejszym okresie. Badanie ograniczono do spółek notowanych w tym okresie w systemie ciągłym i podwójnego *fixingu*, które znajdowały się w obrocie giełdowym przynajmniej przez cały 2001 rok. Wyodrębniono zbiór 162 spółek giełdowych, dla których uzyskano pełen obraz wskaźników niezbędnych do przeprowadzenia dalszych analiz. Z badania wyeliminowano obiekty, dla których zanotowano luki w danych. W pierwszej części badań empirycznych (badanie zgodności klasyfikacji) analizie poddano 149 spółek giełdowych z wyłączeniem banków[4], w celu zapewnienia względnej porównywalności wskaźników ekonomiczno–finansowych. W pracy wykorzystano materiał empiryczny dostępny dla każdego inwestora, publikowany w prasie oraz prezentowany na stronach internetowych Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie oraz biur maklerskich. Dane dotyczące wskaźników ekonomiczno–finansowych pochodziły z Notoria Serwis.

Na podstawie analizy merytorycznej oraz analizy statystycznej (wykorzystując macierz współczynników korelacji pomiędzy opisanymi zmiennymi) w artykule wykorzystano następujące zmienne:

X_1 – stopa zwrotu,
X_2 – ryzyko,
X_3 – współczynnik beta,
X_4 – *ROE*,
X_9 – rotacja należności,
X_{10} – rotacja aktywów,
X_{11} – stopa zadłużenia,
X_{12} – zysk/strata na 1 akcję,

[3] Por. [4].
[4] Wyłączenie z analizy banków wynika z faktu, iż zestaw wskaźników ekonomiczno–finansowych dla spółek sektorów niefinansowych nie jest tożsamy z zestawem wskaźników wykorzystywanych w przypadku oceny standingu finansowego banków.

X_5 – *ROA*,
X_6 – współczynnik płynności bieżącej,
X_7 – rotacja zobowiązań,
X_8 – rotacja zapasów,
X_{13} – wartość księgowa na 1 akcję,
X_{14} – współczynnik wypłacalności,
X_{15} – kapitały własne/aktywa ogółem,
X_{16} – aktywa płynne/aktywa ogółem.

W literaturze szczególną uwagę zwraca się na dwa podstawowe założenia dotyczące charakteru zmiennych diagnostycznych:

- zmienne diagnostyczne reprezentują wielowymiarowy rozkład normalny,
- macierze wariancji i kowariancji dla wyodrębnionych klas są sobie równe.

Z założeniem tym wiąże się problem złego uwarunkowania macierzy, którego wynikiem jest brak możliwości przeprowadzenia analizy dyskryminacyjnej. Zmienne wykorzystywane w analizie dyskryminacyjnej nie mogą być redundantne w stosunku do pozostałych zmiennych, ponieważ powoduje to brak możliwości odwrócenia macierzy wariancji i kowariancji zmiennych w modelu, co jest częścią procesu obliczeniowego. W praktyce spełnienie tych założeń staje się dużym ograniczeniem klasycznych metod dyskryminacji, ponieważ w znacznym stopniu może rzutować na jakość uzyskanych klasyfikacji. Dotychczas prowadzone badania (D.F. Morrison, C.A.B. Smith, E. Krusińska, Cz. Domański, M. Misztal) pozwalają stwierdzić, że funkcja dyskryminacyjna może być dobrym klasyfikatorem mimo niespełnienia omawianych warunków, ponieważ jest odporna na te założenia[5].

Przeprowadzone badania empiryczne dotyczące klasyfikacji spółek giełdowych pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Potrzeba klasyfikacji dotyczy wielu aspektów zarówno życia codziennego, jak i życia gospodarczego. Konieczność porządkowania i klasyfikowania spółek wynika przede wszystkim z ogromu informacji, które docierają do inwestora. Proces klasyfikacji wiąże się z wyborem obiektów najlepszych z punktu widzenia przyjętego kryterium badawczego. Przyjęto, że spółki giełdowe mogą być klasyfikowane na podstawie kryteriów jedno– i wieloelementowych. W przypadku kryteriów jednoelementowych przyjęto wykorzystanie wybranych wskaźników ekonomiczno–finansowych oraz rynkowych takich jak: stopa zwrotu, ryzyko mierzone odchyleniem standardowym, zysk/strata netto na 1

[5] Por. np. prace [2], [5].

akcję, płynność bieżąca, współczynnik beta. W wielu przypadkach kryteria jednoelementowe nie są wystarczające do przeprowadzania głębszych analiz, ponieważ są tylko jednokierunkowym spojrzeniem na analizowane obiekty. Inwestor na ich podstawie może oceniać wybrane efekty działalności spółki, a nie całokształt funkcjonowania. Istnieje zatem konieczność łączenia poszczególnych kryteriów dyskryminacji. W przypadku kryterium wieloelementowych w pracy zaproponowano wykorzystanie jako kryterium dyskryminacji spółek giełdowych: poziomu zysku hipotetycznego, zagrożenia upadłością spółki, oceny kondycji ekonomiczno–finansowej[6].

Jednak jak wykazano (por. tabela 1) kryterium dyskryminacji spółek nie rzutuje istotnie na jakość klasyfikacji spółek.

Trafność mierzona procentem poprawnie zaklasyfikowanych obiektów jest zbliżona niezależnie od tego, czy bada się kondycję ekonomiczno–finansową spółek, ich zyskowność czy też dochodowość. Nieznacznie lepsze rezultaty rozpoznawania obiektów uzyskiwano przy bardziej złożonych kryteriach podziału, np. miary syntetyczne. Należy przy tym zauważyć, że wykorzystując do budowy miar syntetycznych system wag oparty na współczynniku zmienności można różnicować wpływ poszczególnych zmiennych diagnostycznych na ogólną kondycję ekonomiczno–finansową spółek giełdowych.

Z przeprowadzonych badań wynika również, że dokładność klasyfikacji obiektów na podstawie wyjściowego (przyjętego arbitralnie) i zredukowanego zbioru zmiennych diagnostycznych jest zbliżona. Wybór krokowej postępującej analizy dyskryminacyjnej pozwala jednak na wyodrębnienie czynników mających najistotniejszy wpływ na klasyfikację według przyjętego kryterium podziału. Należy przy tym zwrócić również uwagę, że oszacowane funkcje dyskryminacyjne, niezależnie od przyjętej procedury szacowania, kryterium dyskryminacji oraz okresu badawczego, dużo lepiej radzą sobie z rozpoznawaniem obiektów spełniających zadane kryterium dyskryminacji.

2. Stosowanie funkcji dyskryminacyjnej powinno być poprzedzone weryfikacją podstawowych założeń dotyczących jej praktycznego wykorzystania. Mimo, iż w praktyce założenia nie są spełnione, to jednak wykazano, że liniowa

[6] W pracy zaproponowano wykorzystanie dwóch przykładowych miar syntetycznych: TMAI i GDM. Taksonomiczną miarę atrakcyjności inwestycji opracował i po raz pierwszy wykorzystał do klasyfikacji spółek W. Tarczyński (por. [6]). Natomiast wykorzystanie uogólnionej miary odległości do klasyfikacji obiektów zostało zaproponowane przez M. Walesiaka i przedstawione w pracy [7].

funkcja dyskryminacyjna jest dobrym klasyfikatorem. Zatem można twierdzić, że funkcja ta jest odporna na założenia metodologiczne.

Tabela 1. Ocena błędnej klasyfikacji spółek giełdowych w latach 2001–2003 dla wybranych kryteriów dyskryminacji

Kryterium	2001		2002		2003	
	FD S	FD K	FD S	FD K	FD S	FD K
K1	30,87	29,53	25,5	26,85	23,49	24,83
K2	23,49	27,52	24,16	24,16	18,12	18,12
K3	18,71	18,12	20,14	19,46	16,78	17,45
K4	21,48	21,48	22,82	23,49	19,46	20,14
K5	33,56	34,23	22,15	20,81	28,86	28,19
K6	21,48	18,12	25,5	23,49	19,46	14,09
K7	37,58	37,58	24,16	23,49	30,2	28,86
K8	21,48	18,12	23,49	23,49	18,79	13,42

Kryteria: K1 – stopa zwrotu, K2 – ryzyko, K3 – zysk (strata) netto, K4 – zysk hipoteczny, K5 – ocena kondycji (*TMAI* bez wag), K6 – ocena kondycji (*TMAI* z wagami), K7 – ocena kondycji (*GDM* bez wag), K8 – ocena kondycji (*GDM* z wagami).
Metody: FD S – standardowa analiza dyskryminacyjna, FD K – krokowa analiza dyskryminacyjna. Ogólny błąd klasyfikacji wyznaczony według formuły[7]:

$$E = \frac{Z}{n} \cdot 100\%, \tag{1}$$

gdzie:
n – liczba obiektów objętych badaniem,
Z – liczba błędnie zaklasyfikowanych obiektów (pochodzących z klasy C_r, a zaklasyfikowanych do klasy C_s i odwrotnie, przy $r \neq s$).
Źródło: obliczenia własne.

Potwierdzają to pośrednio wyniki klasyfikacji spółek giełdowych otrzymane przy wykorzystaniu nieklasycznych metod dyskryminacji (drzewa klasyfikacyjne, sieci neuronowe), które są zbliżone do wyników klasyfikacji przy wykorzystaniu funkcji dyskryminacyjnej (por. tabela 2). Należy jednak zauważyć, że wielokrotnie metody podziału rekurencyjnego pozwalały na nieznacznie trafniejszą dokładność przeprowadzanych klasyfikacji niezależnie od przyjętego kryterium podziału spółek.

3. Sytuacja na polskim rynku kapitałowym w istotnym stopniu wpływa na jakość uzyskiwanej klasyfikacji. Z uwagi na niestabilne w czasie parametry funkcji dyskryminacyjnej istnieje konieczność przeszacowań tychże funkcji.

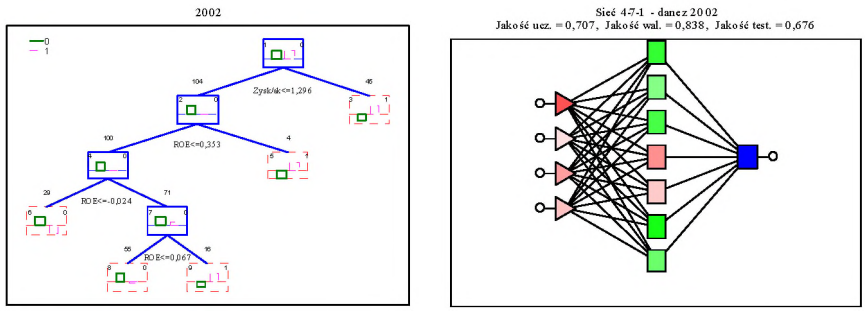
[7] Por. [8].

Przeszacowania winny być dokonywane w momencie zawirowań na rynku giełdowym, związanych przede wszystkim z odwróceniem tendencji.

Tabela 2. Ocena błędnej klasyfikacji spółek giełdowych przy wykorzystaniu wybranych metod klasyfikacji

Kryterium	2002					2003				
	FD S	FD K	D1	D2	MPL	FD S	FD K	D1	D2	MPL
K1	25,5	26,85	34,23	26,84	34,9	23,49	24,83	27,52	16,78	20,13
K2	24,16	24,16	19,46	16,11	41,61	18,12	18,12	20,8	17,45	15,44
K3	20,14	19,46	2,68	2,68	8,05	16,78	17,45	12,08	7,38	14,09
K4	22,82	23,49	4,7	1,34	8,72	19,46	20,14	4,03	1,34	8,05
K5	22,15	20,81	16,78	17,45	36,91	28,86	28,19	27,52	26,84	26,84
K6	25,5	23,49	16,11	14,76	26,84	19,46	14,09	16,78	12,75	17,44
K7	24,16	23,49	28,86	22,82	28,19	30,2	28,86	32,89	15,44	29,53
K8	23,49	23,49	14,76	14,09	20,13	18,79	13,42	10,74	12,75	10,74

Kryteria: jak w tabeli 1.
Metody: FD S – standardowa analiza dyskryminacyjna, FD K – krokowa analiza dyskryminacyjna, D1 – dyskryminacyjne podziały jednowymiarowe, D2 – metoda CART, MPL – sieci neuronowe *Multilayer Perceptron.*
Źródło: obliczenia własne.



Rys. 1. Przykładowe drzewo klasyfikacyjne (D1) oraz struktura sieci MLP dla danych rocznych (2002) – kryterium TMAI z wagami.
Źródło: opracowanie własne.

Z przeprowadzonych badań wynika, że estymacja parametrów powinna być dokonywana nie częściej niż co kwartał (a nawet co pół roku), jednak nie rzadziej niż raz na rok. Wraz z ustabilizowaniem się rynku giełdowego w Polsce oraz przy bardziej stabilnych w czasie wartościach zmiennych ekonomiczno–finansowych należy oczekiwać poprawy jakości przeprowadzanych klasyfikacji.

Jak już wcześniej zauważono, dokładność klasyfikacji spółek pośrednio uzależniona jest od jakości i wiarygodności danych, jakimi dysponuje inwestor. Istnieje konieczność poszukiwania optymalnego zbioru zmiennych diagnostycznych, który pozwoli na zwiększenie precyzji klasyfikacji. Dynamiczne ujęcie zmiennych diagnostycznych (klasyfikacja w oparciu o przyrosty absolutne i względne wskaźników ekonomiczno–finansowych) nie wpływa na poprawę jakości klasyfikacji obiektów (por. tabela 3). Transformacja danych może doprowadzić m.in. do uwypuklenia dynamiki zmian zjawisk, minimalizacji asymetrii danych czy wyeliminowania wahań losowych.

Tabela 3. Porównanie błędów klasyfikacji spółek giełdowych przy użyciu analizy dyskryminacyjnej dla różnych zestawów zmiennych diagnostycznych (dla wybranych kryteriów)

Okres		Pełen zbiór zmiennych diagnostycznych			Zredukowany zbiór zmiennych diagnostycznych		
		Wartości zmiennych	Przyrosty absolutne	Przyrosty względne	Wartości zmiennych	Przyrosty absolutne	Przyrosty względne
K3	2002	20,14	20,84	22,15	19,46	22,15	21,48
	2003	16,78	34,23	32,22	17,45	32,89	33,53
K5	2002	22,15	28,86	26,85	20,81	28,86	30,2
	2003	28,86	34,23	31,54	28,19	31,54	30,87
K6	2002	25,5	26,18	30,2	23,49	27,52	32,22
	2003	19,46	29,53	33,56	14,09	29,53	32,89
K7	2002	24,16	26,85	26,18	23,49	27,52	26,18
	2003	30,2	32,89	34,23	28,86	32,89	34,9
K8	2002	23,49	26,85	28,19	23,49	27,52	30,2
	2003	18,79	32,22	31,54	13,42	30,87	34,23

Oznaczenia jak we wcześniejszych tabelach.
Źródło: obliczenia własne.

4. Oszacowane funkcje klasyfikacyjne pozwalają na dość dokładną klasyfikację obiektów w sytuacji, kiedy poziom prawdopodobieństwa *a priori* w obu grupach obiektów jest zbliżony. Przyjmuje się, że poziom prawdopodobieństwa jest proporcjonalny do liczebności poszczególnych grup w próbie.

Specyfikacja różnych prawdopodobieństw *a priori* wpływa na trafność klasyfikacji, dlatego powinno się unikać sytuacji, kiedy występują liczebne dysproporcje pomiędzy grupami. Przemawia to za wykorzystaniem jako poziomu normatywnego wartości mediany (a nie wartości przeciętnej, która jest często wykorzystywana w badaniach empirycznych), zwłaszcza, jeżeli mamy do czy-

nienia ze zróżnicowaną zbiorowością obiektów. W takiej sytuacji wykorzystanie w procesie wstępnego podziału obiektów średniej arytmetycznej jest z jednej strony sprzeczne z parametrów stosowania wartości przeciętnej, z drugiej zaś powoduje obniżenie mocy dyskryminacyjnej szacowanej funkcji i dokładności klasyfikacji.

5. Optymalizacja działań inwestycyjnych na giełdzie wynika przede wszystkim z kompleksowej analizy papierów wartościowych. Podstawowym celem analizy jest wyselekcjonowanie grupy walorów najbardziej atrakcyjnych pod względem prowadzonych inwestycji. Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej do wyodrębnienia spółek o najlepszych podstawach fundamentalnych pozwala twierdzić, że wyznaczona funkcja stanowi użyteczną metodę w procesie doboru akcji do portfela. Portfele[8] budowane w oparciu o spółki, wyodrębnione przy wykorzystaniu funkcji dyskryminacyjnych, charakteryzowały się niższym ryzykiem w porównaniu z portfelami, do budowy których nie wykorzystano analizy dyskryminacyjnej. Można zatem twierdzić, że wykorzystanie funkcji dyskryminacyjnej, obok klasycznych czynników takich jak: odpowiednia liczba akcji w portfelu czy brak dominacji jednego sektora, wpływa pośrednio na właściwą dywersyfikację ryzyka.

Ocena *ex post* efektywności skonstruowanych portfeli, polegająca na ocenie faktycznych stóp zwrotu uzyskanych po sprzedaży portfeli pozwoliła zauważyć, że wraz z wydłużaniem horyzontu czasowego inwestycji wzrasta również faktyczna stopa zwrotu. Parametry portfeli porównawczych (budowanych na podstawie wybranych procedur selekcji spółek), w krótkim okresie trwania inwestycji są nieznacznie lepsze od portfeli tworzonych przy wykorzystaniu metod nieklasycznych, ale wraz z wydłużaniem horyzontu inwestycyjnego, efektywna stopa tych portfeli jest w większości przypadków niższa niż stopa

[8] W badaniach empirycznych przyjęto, że podstawę analiz stanowić będzie 20 podmiotów uznanych za najlepsze z punktu widzenia przyjętego kryterium badawczego. Chcąc zapewnić odpowiednią dywersyfikację sektorową przyjęto, że przy budowie portfela uwzględnionych zostanie 15 spółek sektora niefinansowego oraz 5 sektora bankowego (spółki sektora bankowego mają ponad 40 % udział w kapitalizacji giełdowej, dlatego konieczne było nałożenie ograniczenia w liczbie tych spółek w bazie, ponieważ mogłyby one zdominować w znacznej mierze tworzone portfele). W procesie budowy portfeli inwestycyjnych do rozwiązywania zagadnień optymalizacyjnych (zgodnie z ideą modelu Markowitza) wykorzystano moduł SOLVER w pakiecie obliczeniowym Excel 2000. Zasadniczym celem była budowa zbioru portfeli efektywnych, dla których nie istnieje portfel o tej samej stopie zwrotu i mniejszym ryzyku.

zwrotu portfeli utworzonych przy wykorzystaniu w procesie doboru funkcji dyskryminacyjnej.

Tabela 4. Poziom ryzyka portfeli efektywnych dla zadanych stóp zwrotu w latach 2001–2002

Zadana stopa zwrotu										
Kryterium	0,0010	0,0020	0,0030	0,0040	0,0050	0,0060	0,0070	0,0080	0,0090	0,0100
2001 – analiza standardowa										
K1_s	0,0116	0,0116	0,0118	0,0122	0,0128	0,0135	0,0146	0,0159	0,0175	0,0195
K1_k	0,0113	0,0117	0,0123	0,0133	0,0148	0,0170	0,0206	0,0272	x	x
K1_p	x	x	0,0230	0,0187	0,0162	0,0151	0,0150	0,0155	0,0166	0,0181
K3_s	0,0145	0,0137	0,0133	0,0132	0,0135	0,0140	0,0148	0,0159	0,0173	0,0193
K3_k	0,0139	0,0131	0,0128	0,0129	0,0132	0,0138	0,0147	0,0159	0,0173	0,0193
K3_p	0,0141	0,0141	0,0142	0,0146	0,0152	0,0159	0,0168	0,0179	0,0191	0,0206
K5_s	0,0142	0,0143	0,0146	0,0150	0,0156	0,0163	0,0173	0,0184	0,0197	0,0212
K5_k	0,0123	0,0125	0,0129	0,0134	0,0140	0,0147	0,0158	0,0171	0,0186	0,0204
K5_p	0,0183	0,0188	0,0194	0,0202	0,0211	0,0221	0,0232	0,0244	0,0256	0,0270
K6_s	0,0150	0,0148	0,0149	0,0152	0,0158	0,0166	0,0176	0,0187	0,0200	0,0215
K6_k	0,0146	0,0147	0,0149	0,0153	0,0158	0,0164	0,0172	0,0181	0,0193	0,0206
K6_p	0,0193	0,0195	0,0199	0,0204	0,0214	0,0231	0,0256	0,0291	x	x
K7_s	0,0180	0,0182	0,0185	0,0190	0,0195	0,0202	0,0211	0,0222	0,0235	0,0249
K7_k	0,0164	0,0164	0,0166	0,0168	0,0173	0,0179	0,0188	0,0200	0,0213	0,0229
K7_p	0,0210	0,0223	0,0242	0,0273	0,0327	0,0400	x	x	x	x
K8_s	0,0180	0,0182	0,0185	0,0190	0,0195	0,0202	0,0211	0,0222	0,0235	0,0249
K8_k	0,0164	0,0164	0,0166	0,0168	0,0173	0,0179	0,0188	0,0200	0,0213	0,0229
K8_p	0,0234	0,0243	0,0258	0,0278	0,0303	0,0338	0,0390	0,0555	x	x

Oznaczenia kryteriów jak we wcześniejszych tabelach:
– literka „s" oznacza wykorzystanie metody standardowej do szacowania funkcji dyskryminacyjnej,
– literka „k" oznacza wykorzystanie metody krokowej do szacowania funkcji dyskryminacyjnej,
– literka „p" oznacza portfel porównawczy.
x – nie była możliwa budowa portfela przy założonej stopie zwrotu.
Źródło: obliczenia własne.

Wyznaczone portfele mają lepsze parametry niż parametry portfeli rynkowych (naśladujących *WIG* oraz *WIG20*). Grupa portfeli budowanych przy wykorzystaniu liniowej funkcji dyskryminacyjnej znajduje się w obszarze portfeli niezdominowanych, czyli takich, które pozostają w sferze zainteresowań inwestorów z uwagi na wyższą stopę zwrotu niż przeciętna oraz ryzyko niższe od

przeciętnego. Obserwując wydłużający się horyzont inwestycji można również zauważyć, że portfele te coraz bardziej oddalają się od portfeli rynkowych. Potwierdza to przewagę tych portfeli nad portfelami utworzonymi bez wykorzystania metod statystyczno–ekonometrycznych.

Tabela 4 (cd). Poziom ryzyka portfeli efektywnych dla zadanych stóp zwrotu w latach 2001–2002

2002 – analiza standardowa										
K1_s	0,0139	0,0124	0,0114	0,0108	0,0105	0,0106	0,0111	0,0119	0,0130	0,0143
K1_k	0,0139	0,0124	0,0114	0,0108	0,0105	0,0106	0,0111	0,0119	0,0130	0,0143
K1_p	x	x	x	x	0,0326	0,0277	0,0240	0,0209	0,0185	0,0166
K3_s	0,0133	0,0122	0,0114	0,0109	0,0107	0,0107	0,0110	0,0117	0,0125	0,0136
K3_k	0,0133	0,0122	0,0114	0,0110	0,0107	0,0107	0,0111	0,0117	0,0126	0,0136
K3_p	0,0136	0,0122	0,0112	0,0107	0,0105	0,0106	0,0111	0,0119	0,0130	0,0143
K5_s	0,0141	0,0129	0,0120	0,0116	0,0115	0,0117	0,0120	0,0125	0,0133	0,0142
K5_k	0,0144	0,0131	0,0122	0,0118	0,0116	0,0116	0,0119	0,0124	0,0132	0,0142
K5_p	0,0139	0,0135	0,0132	0,0131	0,0133	0,0137	0,0142	0,0150	0,0160	0,0171
K6_s	0,0143	0,0138	0,0136	0,0135	0,0135	0,0138	0,0141	0,0147	0,0154	0,0163
K6_k	0,0134	0,0133	0,0133	0,0135	0,0138	0,0143	0,0150	0,0158	0,0167	0,0178
K6_p	0,0135	0,0135	0,0138	0,0143	0,0151	0,0164	0,0184	0,0214	0,0257	x
K7_s	0,0149	0,0135	0,0125	0,0119	0,0117	0,0117	0,0120	0,0124	0,0132	0,0142
K7_k	0,0203	0,0156	0,0129	0,0118	0,0113	0,0112	0,0114	0,0119	0,0126	0,0136
K7_p	0,0139	0,0135	0,0132	0,0131	0,0133	0,0137	0,0142	0,0150	0,0160	0,0171
K8_s	0,0142	0,0128	0,0119	0,0113	0,0110	0,0111	0,0114	0,0120	0,0129	0,0141
K8_k	0,0136	0,0125	0,0117	0,0112	0,0109	0,0110	0,0114	0,0120	0,0129	0,0141
K8_p	0,0129	0,0128	0,0130	0,0135	0,0143	0,0157	0,0176	0,0209	0,0256	x

Oznaczenia j.w.

6. Dokonując oceny poszczególnych kryteriów nie można ocenić w sposób jednoznaczny, które kryterium powinien stosować inwestor, aby pozwoliło mu to na osiągnięcie maksymalnych korzyści.

Można mieć wrażenie, że z zaprezentowanych portfeli nieco lepsze od pozostałych są portfele oparte na spółkach o najlepszych podstawach fundamentalnych, najlepszej kondycji ekonomiczno–finansowej mierzonej poziomem miar syntetycznych. Funkcja dyskryminacyjna oprócz tego, że może stanowić użyteczną procedurę doboru spółek do portfela, to może jednocześnie stanowić narzędzie weryfikujące dobór spółek przy wykorzystaniu innych metod statystyczno–ekonometrycznych.

7. Stosowanie funkcji dyskryminacyjnej do podejmowania racjonalnych decyzji wydaje się być zasadne, zwłaszcza z uwagi na prostotę budowy, łatwość interpretacji oraz ogólną dostępność procedury w pakietach statystycznych. Jak wynika z przeprowadzonych eksperymentów empirycznych, funkcja dyskryminacyjna stanowi użyteczne narzędzie w rękach inwestora.

Przeprowadzone rozważania teoretyczne oraz badania empiryczne pozwoliły na pozytywną weryfikację postawionych wcześniej celów. Potwierdzono możliwość wykorzystania analizy dyskryminacyjnej w procesie klasyfikacji spółek giełdowych, która jest punktem wyjścia do podejmowania trafnych i optymalnych decyzji z punktu widzenia inwestora. Rozległość tematyczna oraz specyfika przeprowadzonych i zaprezentowanych badań zachęcają do dalszych prac badawczych nad poszukiwaniem metod wspomagających proces podejmowanie decyzji inwestycyjnych.

Literatura

1. Altman E.I., *Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy,* Journal of Finance, vol. XXIII No. 4/1968.
2. Domański Cz., Misztal M., *Zastosowanie wybranych metod dyskryminacji do wspomagania diagnozy i określania ryzyka operacyjnego pacjentów z chorobą wieńcową,* w: Trzaskalik T. (red), Modelowanie preferencji a ryzyko '98, Katowice 1998.
3. Jajuga K., *Statystyczna teoria rozpoznawania obrazów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1990.
4. Jajuga K., Walesiak M., *Uwagi o badaniach niewyczerpujących przy zastosowaniu metod statystycznej analizy wielowymiarowej*, w: Statystyka regionalna: sondaż i integracja baz danych, pod red. J. Paradysza, Poznań 1997.
5. Morrison D.F, *Wielowymiarowa analiza statystyczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1990. Tłumaczenie z: Multivariate statistical methods.
6. Tarczyński W., *Taksonomiczna miara atrakcyjności inwestycji w papiery wartościowe*, Przegląd Statystyczny, R. XLI zeszyt 3, Warszawa 1994.
7. Walesiak M., *Uogólniona miara odległości w statystycznej analizie wielowymiarowej*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław 2002.
8. Witkowska D., *Sztuczne sieci neuronowe i metody statystyczne. Wybrane zagadnienia finansowe,* Studia ekonomiczne, Wydawnictwo C.H.Beck, Warszawa 2002.

STRESZCZENIE

Celem pracy była próba oceny przydatności liniowej funkcji dyskryminacyjnej do klasyfikacji spółek notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie. Wykorzystano wskaźniki ekonomiczno-finansowe oraz rynkowe za lata 2001-2003 w ujęciu rocznym i kwartalnym. W pracy zaprezentowano ocenę mocy dyskryminacyjnej i jakości klasyfikacji w zależności od przyjętego kryterium dyskryminacji spółek. Wykorzystano kryteria jednoelementowe (stopa zwrotu, ryzyko, zysk) oraz złożone (ocena kondycji).

Podjęto również próbę oceny stabilności oszacowanych funkcji dyskryminacyjnych budowanych przy wykorzystaniu standardowej i krokowej formuły szacowania parametrów. Oprócz oryginalnych wartości wskaźników w pracy zaproponowano wykorzystanie przyrostów absolutnych i względnych poszczególnych miar w celu uwypuklenia dynamiki zmian.

Dokonano porównania dokładności klasyfikacji i zdolności predykcyjnych klasycznych i nieklasycznych metod dyskryminacji (drzewa klasyfikacyjne, sztuczne sieci neuronowe). Ponadto podjęto próbę oceny użyteczności funkcji dyskryminacyjnej jako procedury doboru spółek giełdowych do portfela papierów wartościowych.

Dokonano budowy zbioru efektywnych portfeli papierów wartościowych na podstawie bazy spółek wyodrębnionej dzięki wykorzystaniu liniowej funkcji dyskryminacyjnej. Porównano efektywność tak utworzonych portfeli z portfelami porównawczymi.

THE CHANGE OF USING DISCRIMINANT FUNCTION IN THE POLISH CAPITAL MARKET

SUMMARY

The aim of the work was the test of estimation of applicability of linear discriminant function to classification of companies quoted on Warsaw Stock Exchange. The companies were classified annually and quarterly on the basis of economic and financial ratios in years 2001-2003. The discriminant power and quality of classification in work was presented in dependence with criterion of discrimination of companies. The criterions of discrimination were simple with one – element criteria (rate of return , risk, profit) and complex criterions (financial standing).

The test of stability of estimate was undertaken for the estimated discriminant functions built with standard and stepwise estimation of the parameters. The utilization of absolute and relative increases emphasising the dynamics was proposed. he results of this evaluation and analysis were compared with the results of nonclassical methods (Tree Clustering, *Neural Networks*).

In the work the author used of discrimination function to portfolio selection. The building of set of effective portfolios were carried out on of base of the best companies. In long-term horizon the effectiveness of portfolios were compared with comparative portfolios.

Tanslated by U. Gierałtowska

Dr Urszula Gierałtowska
Uniwersytet Szczeciński
ulala@wneiz.pl